

# Estudo sobre Reabilitação Interior de Reservatórios para Água Potável

---

Relatório de Estágio

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Civil - 2º ano

Ramo de Infraestruturas e Ambiente

Daniela Sofia Gomes Tavares Guedes N.º 1090133

Julho de 2014



## Agradecimentos

Agradeço à *Águas do Douro e Paiva, S.A.* e ao Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) a oportunidade para a realização deste estágio.

Ao meu orientador, engenheiro Daniel Ferreira, pelo excelente acolhimento na empresa, pela simpatia, pela preocupação, interesse e ajuda que sempre disponibilizou.

Ao meu coorientador, engenheiro Eduardo Vivas, pela disponibilidade, pelos conselhos e incentivos, por toda a ajuda e pelo interesse que sempre demonstrou em todos os assuntos tratados ao longo deste estágio.

Ao engenheiro Luís Mena, pela disponibilidade, pela ajuda em todas as questões associadas à reabilitação interior de reservatórios e pela oportunidade de acompanhar de perto o desenvolvimento de uma obra.

Ao engenheiro Viegas Neves, pelo interesse que desde o início demonstrou na realização deste estágio, pelos conselhos e pelas expectativas que colocou.

Um agradecimento ainda a: Ricardo Veloso (Redecor), José Pires (BASF), Nelson Rosa e Paula Reis (MC Bauchemie), Cláudia Gomes e Luís Duarte (Sika), pelos esclarecimentos que prestaram sobre os produtos de reabilitação e por toda a disponibilidade demonstrada.

À minha família, em especial aos meus pais, ao meu irmão, e ao Luís, pelo carinho, pela paciência e pelo apoio incondicional, todos os dias. Nada faria sentido sem vocês.

À Sónia, à Ana e à Teresa, pela amizade, pelo apoio e pelo sorriso ao fim de muitas horas a estudar. Esta etapa termina, a nossa amizade não. Obrigada, por terem feito do ISEP a minha segunda casa.



## Resumo

No presente relatório é apresentado um estudo, realizado na forma de estágio curricular, na empresa *Águas do Douro e Paiva, S.A.*, doravante AdDP, entre 31 de Janeiro e 31 de Julho de 2014, sobre reabilitação interior de reservatórios para água potável.

Inicialmente é feito um enquadramento ao tema, com uma abordagem às características genéricas dos reservatórios de água potável e às principais patologias que se verificam no interior desses reservatórios. De seguida, são detalhadas as principais técnicas de reabilitação interior existentes, de acordo com o tipo de patologias encontradas. Como complemento a esse estudo, são apresentados os principais fornecedores e os produtos mais utilizados em cada fase da reabilitação, de acordo com a pesquisa realizada e com as reuniões presenciadas. Por fim, são ainda apresentadas, as principais considerações a ter em conta na lavagem e desinfeção de reservatórios.

Atendendo à problemática em causa, foi desenvolvida uma ficha técnica para cada reservatório que, além da sistematização das características principais, tem o objetivo de registar todas as intervenções de reabilitação ou de conservação que possam ocorrer no mesmo. Para tal, foi feito um acompanhamento dos problemas e intervenções verificadas, e surgiu, ainda, a oportunidade de acompanhar o processo de lançamento a concurso das obras de reabilitação que surgiram dessa caracterização.

Por fim, foi explorada a componente de gestão patrimonial de infraestruturas, com o desenvolvimento de uma matriz de risco qualitativa, específica para aplicação aos reservatórios da AdDP, com o objetivo de constituir uma ferramenta de apoio à decisão e planeamento das intervenções de reabilitação interior.

Embora fora do contexto da reabilitação interior de reservatórios, é de assinalar a importante experiência proporcionada no acompanhamento da obra de alargamento do sistema multimunicipal de abastecimento de água ao concelho de Amarante, que incluiu a instalação de conduta e construção de duas estações elevatórias.

## **Palavras-chave**

Reservatórios de Água Potável, Estado de Conservação, Reabilitação Interior, Gestão Patrimonial de Infraestruturas, Análise de risco.

## Abstract

This report presents a study conducted during my curricular internship at *Águas do Douro e Paiva, SA*, hereinafter AdDP, between January 31 and July 31, 2014, about the interior rehabilitation of drinking water reservoirs.

Initially a framework of the subject is presented, with an approach to the generic characteristics of potable water reservoirs and the major pathologies that occur within them. Then, the existing key techniques of interior rehabilitation are detailed, according to the type of pathology encountered. As a complement to this study, the main suppliers and the products most used in each phase of rehabilitation are presented, according to the survey and the meetings attended. Finally, the main considerations to be taken into account in the washing and disinfection of reservoirs are also presented.

Bearing this issue in mind a technical sheet was developed for each reservoir, which besides the systematization of the main features, aims to record all interventions of rehabilitation or conservation that may occur in the reservoir. To this end, we followed the problems and interventions undertaken, and there was also the opportunity to follow the process of launching a tender for the rehabilitation works that emerged from this characterization.

Finally, we explored the infrastructure asset management component, with the development of an array of qualitative risk specific to the application of AdDP reservoirs, aiming to provide a tool for decision support and planning of interventions of interior rehabilitation.

Although outside the context of rehabilitation of interior reservoirs, it is important to mention the experience gained in monitoring the work of extending the multi-municipal

system of water supply to the municipality of Amarante, which included the conduit installation and the construction of two pumping stations.

## **Keywords**

Drinking Water Reservoirs, Preservation State, Interior Rehabilitation, Asset Management Infrastructures, Risk Analysis.



## Índice do Texto

1.	Introdução .....	1
1.1.	Considerações Iniciais .....	1
1.2.	Objetivos .....	2
1.3.	Estrutura do Relatório .....	4
2.	Reservatórios de Água Potável.....	7
2.1.	Classificação e Finalidade dos Reservatórios .....	8
2.2.	Aspetos Funcionais e Construtivos.....	10
2.2.1.	Número de Células.....	10
2.2.2.	Forma, Materiais e Processos Construtivos .....	11
2.3.	Patologias no Interior dos Reservatórios .....	13
2.3.1.	Carbonatação.....	14
2.3.2.	Penetração de Cloretos .....	15
2.3.3.	Problemas nas Juntas de Betonagem e Dilatação.....	16
2.3.4.	Problemas nas Fundações .....	18
2.3.5.	Recobrimento Insuficiente das Armaduras .....	18
2.3.6.	Dilatações nas Superfícies dos Reservatórios .....	18
2.3.7.	Degradação do Revestimento Interior .....	19
2.4.	Reabilitação Interior de Reservatórios.....	20
2.4.1.	Identificação das Patologias e Escolha dos Produtos a Utilizar .....	22
2.4.2.	Identificação das Metodologias de Reabilitação.....	23

2.5.	Lavagem e Desinfecção de Reservatórios .....	45
2.5.1.	Produtos para Limpeza e Desinfecção de Reservatórios.....	53
3.	Gestão Patrimonial de Infraestruturas.....	56
3.1.	Gestão do Risco.....	57
3.2.	Análise de Riscos Qualitativa .....	58
4.	Os reservatórios da AdDP .....	62
4.1.	Criação das Fichas Técnicas dos Reservatórios.....	66
4.2.	Acompanhamento de problemas e intervenções nos reservatórios da AdDP.....	72
4.2.1.	Reservatório de Lagoa .....	73
4.2.2.	Reservatório de Ramalde.....	74
4.2.3.	Reservatório de Abelheira.....	75
4.2.4.	Tanque de Recirculação da ETA de Lever.....	76
4.2.5.	Reservatório Unidirecional da Estação de Cloragem de Compostela .....	77
4.3.	Procedimento do Lançamento da Obra a Concurso .....	78
4.4.	Acompanhamento da Fase de Obra.....	79
4.4.1.	Obras de Reabilitação no Interior de Reservatórios de Água Potável ..	79
4.4.2.	Obra de Abastecimento de Água a Amarante.....	80
4.5.	A Análise de Riscos Qualitativa Aplicada aos Reservatórios da AdDP .....	87
4.5.1.	Inspeção .....	91
4.5.2.	Estanquidade.....	96
4.5.3.	Última Intervenção.....	98
4.5.4.	Qualidade da água.....	100

4.5.5.	Capacidade .....	102
4.5.6.	Relevância.....	104
4.5.7.	Tráfego Diário.....	107
4.5.8.	Matriz de Risco dos Reservatórios da AdDP.....	109
5.	Considerações Finais .....	113
5.1.	Conclusões do Relatório .....	113
5.2.	Sugestões para Trabalhos Futuros .....	114
6.	Referências Bibliográficas.....	117
	ANEXOS .....	121

ANEXO I – Materiais de Construção para Contacto com Água aprovados pela EPAL

ANEXO II – Fichas Técnicas dos Produtos para Tratamento de Armaduras

ANEXO III – Fichas Técnicas dos Produtos para Reparação do Betão

ANEXO IV – Fichas Técnicas dos produtos para Tratamento de Fissuras/Juntas de  
Betonagem

ANEXO V – Fichas Técnicas dos Produtos de Injeção

ANEXO VI – Fichas Técnicas dos Produtos para Tratamento de Juntas de Dilatação

ANEXO VII – Fichas Técnicas dos Produtos para Tratamento do Atravessamento de  
Tubagens

ANEXO VIII – Fichas Técnicas dos Produtos para Tratamento de Elementos Metálicos

ANEXO IX – Fichas Técnicas dos Revestimentos de Impermeabilização

ANEXO X – Produtos para Limpeza e Desinfecção de Reservatórios de Água Potável  
Aprovados pela EPAL

ANEXO XI – Fichas Técnicas dos Produtos para Limpeza e Desinfecção de Reservatórios  
de Água Potável

ANEXO XII – Fichas Técnicas dos Reservatórios

ANEXO XIII – Mapas de Trabalhos

## Índice de Figuras

Figura 1 – Célula Central do Reservatório de Jovim, AdDP. ....	7
Figura 2 – Representação dos reservatórios, de acordo com a sua implantação no terreno (Venancio, 2014). ....	9
Figura 3 – Reservatório com duas células (Reservatório de Seixo Alvo, AdDP). ....	10
Figura 4 – Reservatório com uma célula (Reservatório e Elevatória de Santa Eulália, AdDP). ....	11
Figura 5 – Interior de um reservatório com forma circular (Reservatório de Pedrouços, AdDP). ....	12
Figura 6 – Interior de um reservatório com forma retangular (Reservatório de Jovim, AdDP). ....	12
Figura 7 – Armadura à vista devido ao fenómeno de carbonatação (Reservatório de S. João de Ver, AdDP). ....	15
Figura 8 – Oxidação das armaduras devido ao fenómeno de penetração de cloretos (Reservatório Unidirecional da Estação de Cloragem de Compostela, AdDP). ....	16
Figura 9 – Juntas de betonagem e dilatação (Pereira, 2010). ....	17
Figura 10 – Perda de água em juntas de dilatação – Junta Waterstop (Sotecnisol, 2009). ....	17
Figura 11 – Destacamento do betão por recobrimento insuficiente (Pereira, 2010). ....	18
Figura 12 – Revestimento interior muito degradado e inexistente em algumas zonas (Reservatório de Ramalde, AdDP). ....	20
Figura 13 – Revestimento interior do pavimento a destacar-se (Reservatório de Jovim, AdDP). ....	20
Figura 14 – Reparações pontuais no betão com argamassa (Ecofirma, 2010). ....	25
Figura 15 – À esquerda Abertura do roço sobre a fissura. À direito colocação da argamassa sobre as fissuras (Reservatório de Água Filtrada da ETA de Lever, AdDP). ..	27

Figura 16 – Injeção para impermeabilização de juntas de betonagem (Sotecnisol, 2009)..	30
Figura 17 – Execução de meia cana no encontro parede/pavimento (Ecofirma, 2010). ....	31
Figura 18 – Junta de dilatação no pavimento (Reservatório de Seixo Alvo, AdDP). ....	32
Figura 19 – Injeção para impermeabilização de juntas de dilatação – Juntas Waterstop (Sotecnisol, 2009).....	33
Figura 20 – Injeção para impermeabilização de atravessamentos de tubagens (Sotecnisol, 2009). ....	34
Figura 21 – Exemplo de selagem de atravessamentos de tubagem (Grilo, 2007). ....	35
Figura 22 – Oxidação da conduta e do filtro (Reservatório de Milheirós de Poiares, AdDP).....	36
Figura 23 – Oxidação das escadas (Reservatório de Jovim, AdDP). ....	37
Figura 24 – Oxidação da conduta (Reservatório de Felgueiras, AdDP). ....	37
Figura 25 – Reservatório de Seixo Alvo (AdDP) após a aplicação do revestimento Vandex Cemelast Blue (revestimento cimentício bi-componenete).....	40
Figura 26 - Pormenor ilustrativo do ensaio de Pull-off.....	45
Figura 27 – À direita: aparelho mecânico de aderência (dinamómetro). À esquerda: disco metálico. (VERLAG DASHOFER, 2014) .....	45
Figura 28 – Camada de biofilme bem visível nas paredes e no pavimento (Reservatório de Seixo Alvo, AdDP). ....	46
Figura 29 - Fluxograma do processo de lavagem e desinfecção de reservatórios e condutas (AdDP, ITR 0508 R03). ....	49
Figura 30 – Lavagem inicial com jato de água, ainda com a camada de biofilme bem visível (Reservatório de Monte Pedro, AdDP). ....	50
Figura 31 – Lavagem do reservatório com jato de água (Reservatório de Duas Igrejas, AdDP).....	52

Figura 32 – Controlo do risco (Costa, 2013).....	58
Figura 33 – Exemplo de uma Matriz de Exposição ao Risco (Silva, 2012).....	60
Figura 34 – Certificações da AdDP.....	62
Figura 35 – Mapa de localização dos reservatórios e ETA's da AdDP.....	64
Figura 36 – Secção de identificação do reservatório.....	68
Figura 37 - Secção informativa das células do reservatório.....	69
Figura 38 – Secção relativa ao historial de intervenções do reservatório.....	70
Figura 39 – Secção da informação referente à estação elevatória. ....	71
Figura 40 – Secção relativa às coordenadas.....	72
Figura 41 – Secção para registo da última atualização no documento. ....	72
Figura 42 – Estado do pavimento do reservatório de Lagoa, AdDP. ....	74
Figura 43 – Septos e tubagens do Reservatório de Ramalde em mau estado, AdDP. ....	75
Figura 44 – Juntas verticais do reservatório de Abelheira, AdDP. ....	76
Figura 45 – Fuga de água proveniente do Tanque de Recirculação da ETA de Lever, AdDP.....	76
Figura 46 – Tubagens do reservatório Unidirecional da Estação de Cloragem de Compostela cobertos de ferrugem, AdDP.....	77
Figura 47 – Estação Elevatória do Avelal. ....	81
Figura 48 – Estação Elevatória de Sete Casas.....	82
Figura 49 – Remoção da camada de betuminoso na zona da vala (Troço Avelal – Bustelo). ....	82
Figura 50 – Escavação da vala (Troço Sete Casas – Avelal).....	83
Figura 51 – Colocação de conduta (Troço Sete Casas – Avelal) .....	83

Figura 52 – Colocação da banda sinalizadora sobre a conduta (Escavações futuras a ocorrer na mesma zona, alerta para a existência de tubos a pouca profundidade) (Troço Avelal – Bustelo).....	84
Figura 53 – Compactação da vala (Troço Avelal – Bustelo) .....	84
Figura 54 – Ensaio de compactação (Troço Avelal – Bustelo). ....	85
Figura 55 – Caixa de visita (Troço Sete Casas – Avelal). ....	85
Figura 56 – Pavimentação provisória da vala (Troço Sete Casas – Avelal).....	86
Figura 57 – Fresagem do pavimento betuminoso para colocação de nova camada (Troço Sete Casas – Avelal). ....	86
Figura 58 – Quadro de critérios para elaboração da matriz de risco da EPAL. (EPAL, 2013) .....	88
Figura 59 – Matriz de Risco dos Reservatórios da AdDP .....	112



## Índice de Quadros

Quadro 1 – Produtos para tratamento e proteção de armaduras. ....	24
Quadro 2 – Argamassas para reparação de betão. ....	26
Quadro 3 – Argamassas para tratamento de fissuras. ....	28
Quadro 4 – Produtos de injeção. ....	29
Quadro 5 – Produtos para selagem de juntas de dilatação. ....	33
Quadro 6 – Produtos para tratamento das zonas de atravessamento de tubagens. ....	35
Quadro 7 – Produtos para tratamento de elementos metálicos. ....	37
Quadro 8 – Revestimentos cimentícios mono-componentes. ....	42
Quadro 9 – Revestimentos cimentícios bi-componentes. ....	43
Quadro 10 – Revestimentos sintéticos. ....	44
Quadro 11 – Produtos para limpeza e desinfecção de reservatórios de água potável. ....	54
Quadro 12 – Reservatórios da AdDP. ....	65
Quadro 13 – Quadro de critérios para elaboração da matriz de risco da AdDP. ....	90
Quadro 14 – Percentagens de importância das zonas dos reservatórios. ....	91
Quadro 15 - Critérios de avaliação do estado de conservação dos reservatórios (baseado em EPAL & Águas do Algarve, 2013). ....	93
Quadro 16 – Avaliação do Estado de Conservação dos Reservatórios. ....	94
Quadro 17 – Avaliação do parâmetro Inspeção. ....	95
Quadro 18 – Avaliação do parâmetro Estanqueidade. ....	97
Quadro 19 – Avaliação do parâmetro Última Intervenção. ....	99
Quadro 20 – Avaliação do parâmetro Qualidade da água. ....	101
Quadro 21 – Avaliação do parâmetro Capacidade. ....	103
Quadro 22 – Avaliação do parâmetro Relevância. ....	106
Quadro 23 – Avaliação do parâmetro Tráfego Diário. ....	108

Quadro 24 – Classificação dos reservatórios para avaliação na matriz de risco. ....	111
---	-----

# 1. Introdução

## 1.1. Considerações Iniciais

A água é um recurso essencial à vida. Como tal, os sistemas de abastecimento de água potável são de extrema importância para as populações. Estes sistemas possibilitam, de forma contínua e em volume abundante, o acesso a água com a qualidade exigida para o consumo humano.

No entanto, o abastecimento de água potável às populações apresenta cada vez mais exigências de qualidade. Não só os requisitos legais são mais restritos, mas também as questões de saúde pública tornam-se mais relevantes, sendo, os consumidores, legitimamente, cada vez mais exigentes com a qualidade da água que chega às suas casas.

Também as questões económicas e de gestão dos recursos hídricos têm uma grande importância neste contexto. O objetivo será sempre fornecer água às populações, cumprindo com a qualidade exigida, mas reduzindo, ao máximo, os custos e as perdas.

A conservação da rede de abastecimento ao longo dos anos é, assim, um aspeto fundamental, sendo de extrema importância garantir que, com o passar do tempo, as infraestruturas mantêm os seus requisitos de funcionalidade.

Os reservatórios, tema base do presente trabalho, são elementos fundamentais da rede de abastecimento de água potável, assegurando funções tão importantes como a regularização dos volumes de água potável disponível para fazer face às flutuações de consumos, ou o armazenamento de uma reserva para situações de avaria ou emergência. Tal como os restantes elementos da rede, os reservatórios devem estar em boas condições no decorrer das suas funções, para não comprometerem a qualidade da água e a segurança da estrutura.

O estado de conservação da estrutura e do revestimento interior são fundamentais para garantir o seu bom funcionamento. Como consequência, o mercado apresenta, atualmente, uma ampla diversidade de soluções para a reabilitação de reservatórios. Cabe aos responsáveis ter em conta que os vários produtos apresentam, muitas vezes, qualidades bem distintas e que o baixo preço nem sempre é a melhor opção. Uma má escolha refletir-se-á na vida útil da infraestrutura e, baixos custos no presente, podem revelar-se elevados custos num futuro próximo.

*“Planear as acções de reabilitação a curto e médio prazo e com os respectivos planos orçamentais é a fórmula mais acertada de reduzir custos, mantendo parâmetros de qualidade elevados”.* (Pereira, 2010)

Para isso, devem ser usados métodos de apoio à decisão como a análise de risco qualitativa, que permite um planeamento das intervenções de reabilitação a realizar nos reservatórios, em função dos problemas que possam surgir no interior dos mesmos. Este método tem em conta a probabilidade de ocorrência desses problemas e as possíveis consequências dos mesmos, quer para a estrutura em si, quer para a qualidade do serviço prestado (disponibilização de água de boa qualidade ao consumidor).

## 1.2. Objetivos

A oportunidade de realizar um estágio curricular revela-se uma mais-valia no percurso académico dos alunos pois incentiva a sua integração profissional e proporciona a obtenção de novas competências. Assim sendo, os objetivos gerais deste estágio curricular são:

- Proporcionar a transição entre o percurso académico e o percurso profissional;
- Permitir a obtenção de experiência através do contacto com um ambiente de trabalho real;

- Aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo da formação;
- Elaborar um relatório de estágio de forma a satisfazer os requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em “Engenharia Civil” do ISEP/IPP.

Neste contexto, o objetivo principal do presente relatório é o de relatar os seis meses de estágio realizados na AdDP, apresentar os meios utilizados para a execução das tarefas realizadas, e descrever até que ponto foram cumpridas e quais os seus resultados.

Assim, foi seguido um plano de objetivos específicos, previamente acordado, e que abordou as seguintes temáticas:

- 1) Levantamento da informação sobre os vários tipos de revestimentos interiores de reservatórios disponíveis no mercado:
  - Aquisição de conhecimento geral na área através de várias pesquisas e participação em ações de formação;
  - Contacto com fornecedores e aplicadores.
- 2) Recolha de informação de todos os reservatórios da AdDP:
  - Através da realização de visitas aos reservatórios da AdDP, identificar o tipo de revestimento, anomalias e historial de intervenções;
  - Criação de uma ficha técnica da Infraestrutura que inclua as características e historial de intervenções dos reservatórios;
  - Verificação do levantamento topográfico das células dos reservatórios e atualização dos desenhos em AutoCAD;
  - Acompanhamento da lavagem e desinfeção dos reservatórios – Subsistema Lever sector Sul.
- 3) Acompanhamento de processo de concurso para impermeabilização de reservatórios – plano 2014:

- Análise de soluções a aplicar nos reservatórios a intervir;
- Acompanhamento do procedimento de lançamento de concurso;
- Acompanhamento da fase de obra de um reservatório.

#### 4) Análise do risco de reservatórios:

Desenvolvimento de matriz multicritério, indicadores e critérios de avaliação de riscos, com o objetivo de determinar o estado de conservação e operação dos reservatórios, e planejar intervenções de reabilitação e/ou de melhoria;

### 1.3. Estrutura do Relatório

O presente relatório está dividido em 6 capítulos. Os mesmos são apresentados nos seguintes parágrafos.

O capítulo 1 é constituído por uma introdução ao tema da reabilitação interior dos reservatórios de água potável que constituem a rede de abastecimento de água e, são ainda apresentados, os objetivos do estágio curricular realizado na AdDP.

O capítulo 2 abrange todo o estudo efetuado sobre os reservatórios, desde as suas características físicas e patologias mais frequentes, à reabilitação interior, incluindo as respetivas técnicas de reabilitação e alguns dos produtos utilizados. No final do capítulo é abordada ainda a lavagem dos reservatórios, com uma descrição da técnica utilizada e referência de alguns produtos de lavagem.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia da Análise de Risco que será aplicada aos reservatórios da AdDP, no âmbito da Gestão Patrimonial de Infraestruturas, possibilitando a existência de um indicador do estado de conservação dos reservatórios, funcionando assim, como auxiliar na manutenção dos mesmos.

No capítulo 4 é feita uma abordagem ao historial da AdDP, são mencionados os reservatórios que a mesma possui e apresentadas as fichas técnicas realizadas durante o estágio, para cada reservatório, onde, para além da descrição das suas características, ficará também registado o seu historial de intervenções. Ainda neste capítulo, são mencionados os próximos reservatórios da AdDP a sofrer intervenção e identificados os problemas neles encontrados. É ainda descrito o processo a seguir no lançamento a concurso de uma obra de reabilitação. No final do capítulo, é realizado um estudo de Análise de Risco aplicada aos reservatórios da AdDP.

Por fim, no capítulo 5 são apresentadas as considerações finais de trabalho, divididas em conclusões do presente relatório e sugestões para trabalhos futuros.





## 2. Reservatórios de Água Potável

Um reservatório é um elemento fundamental na rede de abastecimento de água às populações (ver figura 1). Entre outras, tem a função de regularizar os caudais de consumo, garantindo o caudal máximo nas horas de ponta e armazenando a água excedente quando o caudal de consumo é menor do que o de adução, sem que haja necessidade de fazer variar o caudal de adução.

A capacidade de um reservatório deve ser, preferencialmente, equivalente ao volume de água correspondente a um dia de consumo médio mensal anual acrescida de um volume de perdas na rede e de um volume de reserva para situações de avaria/interrupção de adução ou combate a incêndios.



Figura 1 – Célula Central do Reservatório de Jovim, AdDP.

## 2.1. Classificação e Finalidade dos Reservatórios

De acordo com artigo 68º do Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto, os reservatórios podem ser classificados consoante a sua função, implantação e capacidade.

Consoante a sua função, os reservatórios podem ser classificados em:

- a) Reservatórios de regularização de transporte (ou intermédios);
- b) Reservatórios de distribuição (ou equilíbrio);
- c) Reservatórios de reserva para combate a incêndios.

Os reservatórios de regularização de transporte têm por objetivo servir de “volantes de regularização”, ou seja, regularizar as várias transições que existem no sistema, como por exemplo: entre condutas elevatórias e adutoras gravíticas, ou, entre uma estação de tratamento e o antecedente ou sequente troço adutor (Marques e Sousa, 2009).

Por sua vez, os reservatórios de distribuição, são aqueles que alimentam diretamente a rede de distribuição e permitem:

- Armazenar o caudal excedente, quando o caudal de consumo for inferior ao de adução;
- Constituir uma reserva de água para combate a incêndios, ou para o caso de ocorrer uma interrupção voluntária, ou acidental, no sistema de adução a montante, quer por rotura na conduta, acidente na captação, ou falha de energia;
- Assegurar um funcionamento regular das bombas no caso de a adução a montante ser efetuada através de uma conduta elevatória;
- Estabilizar as pressões na rede de distribuição.

De acordo com a sua implantação no terreno é possível classificar os reservatórios em:

- a) Apoiados;
- b) Semienterrados;
- c) Enterrados;
- d) Elevados (ou em torre).

Os reservatórios do tipo térreo (apoiados, semienterrados e enterrados), cuja laje de fundo assenta diretamente no terreno, apresentam inúmeras vantagens relativamente aos reservatórios elevados, cuja laje se encontra acima do solo, apoiada numa estrutura de suporte (ver figura 2). As principais vantagens são (Marques e Sousa, 2009):

- Custo de construção bastante inferior;
- Menores perturbações de carácter paisagístico;
- Possibilidade de faseamento da execução e de ampliação a longo prazo;
- Maiores facilidades de inspeção e exploração;
- Maior proteção térmica.

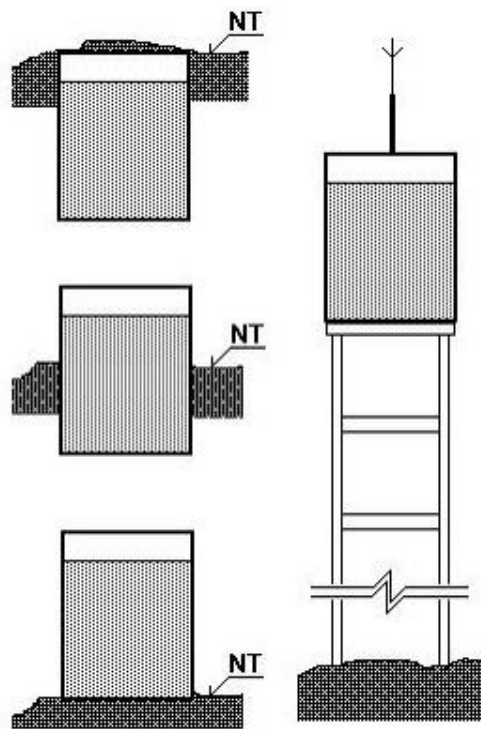


Figura 2 – Representação dos reservatórios, de acordo com a sua implantação no terreno (Venancio, 2014).

Por fim, tendo em conta a capacidade dos reservatórios, estes podem ser classificados em:

- a) Pequenos, com capacidade inferior a  $500 \text{ m}^3$ ;
- b) Médios, com capacidade entre  $500 \text{ m}^3$  e  $5000 \text{ m}^3$ ;
- c) Grandes, com capacidade superior a  $5000 \text{ m}^3$ .

## 2.2. Aspetos Funcionais e Construtivos

### 2.2.1. Número de Células

Segundo o artigo 71º do Decreto Regulamentar nº23/95, de 23 de Agosto, deve optar-se pela construção de, pelo menos, duas células de armazenamento (figura 3) que se intercomuniem, mas que estejam preparadas para funcionarem isoladamente, uma vez que os reservatórios são lavados e desinfetados periodicamente e uma das células terá de permanecer em funcionamento.



Figura 3 – Reservatório com duas células (Reservatório de Seixo Alvo, AdDP).

Sempre que sejam constituídos por apenas uma célula (figura 4) deve estabelecer-se, sempre que possível, um circuito direto entre as tubagens de entrada e de saída, designado por “by-pass”, para permitir a interrupção no funcionamento do reservatório sempre que necessário por exemplo, aquando da limpeza do mesmo.



Figura 4 – Reservatório com uma célula (Reservatório e Elevatória de Santa Eulália, AdDP).

### 2.2.2. Forma, Materiais e Processos Construtivos

A forma dos reservatórios está relacionada com fatores de ordem económica e estrutural, bem como, com o tipo de material utilizado na sua construção. As formas geralmente utilizadas são: circular (figura 3 e 5), quadrada e retangular (figura 4 e 6).

A forma geralmente mais económica é a forma circular uma vez que conduz ao menor comprimento das paredes do reservatório.

As formas quadradas e retangulares estão mais associadas aos reservatórios construídos no passado, em alvenaria de pedra, em zonas onde esta era abundante (Marques e Sousa, 2009).





Figura 5 – Interior de um reservatório com forma circular (Reservatório de Pedrouços, AdDP).



Figura 6 – Interior de um reservatório com forma retangular (Reservatório de Jovim, AdDP).

Com o passar do tempo e com a evolução das tecnologias construtivas verificou-se que um reservatório em alvenaria podia ser até três vezes mais caro do que outro, da mesma capacidade, mas de betão armado e forma circular, devido à redução das dimensões dos elementos estruturais, possibilitada pelo betão armado e consequentemente pela redução dos materiais a transportar (Marques e Sousa, 2009).

Os reservatórios podem ser construídos em betão armado ou pré-esforçado, aço, alvenaria e pré-fabricados (em fibra de vidro, aço ou betão). Contudo, os reservatórios de secção circular, de betão armado, betão pré-esforçado, ou pré-fabricados com placas de betão, são os mais utilizados.

Dependendo das dimensões do reservatório, as alturas atingidas pela água armazenada situam-se geralmente entre os 2,5 e os 5 metros.

Na superfície interior em contacto com a água deve recorrer-se à utilização de revestimentos adequados, resistentes às características da água armazenada e que não ponham em causa a sua potabilidade.

### **2.3. Patologias no Interior dos Reservatórios**

O estado de conservação dos reservatórios de água potável apresenta uma elevada influência na qualidade da água lá armazenada e, por isso, é fundamental conhecer as patologias que frequentemente ocorrem nestas infraestruturas.

As principais patologias que ocorrem no interior de reservatórios de água potável são:

- Fenómenos de carbonatação;
- Fenómenos de penetração de cloretos;
- Problemas nas juntas de betonagem e dilatação;
- Problemas nas fundações;

- Recobrimento insuficiente das armaduras;
- Dilatações nas superfícies do reservatório;
- Degradação do revestimento interior.

Por outro lado, as principais consequências são:

- Aparecimento de fissuras e delaminação do betão;
- Corrosão de armaduras;
- Degradação estrutural;
- Qualidade da água afetada;
- Perdas de água.

### **2.3.1. Carbonatação**

O fenómeno da carbonatação origina a perda do ambiente favorável, criado pelo betão em torno das armaduras e é provocada, na presença de humidade, pela reação do dióxido de carbono, existente na atmosfera, com o hidróxido de cálcio presente no betão, iniciando um processo que conduz à degradação da estrutura de betão armado.

O betão apresenta uma alcalinidade elevada com pH entre os 12,5 e 13,5, o que propicia o desenvolvimento de uma película protetora na superfície da armadura. A este processo dá-se o nome de passivação. Devido à reação entre o dióxido de carbono e o hidróxido de cálcio, na qual o hidróxido de cálcio é consumido, verifica-se a diminuição da alcalinidade do betão para valores de pH inferiores a 8 e, conseqüentemente, a despassivação das armaduras (Gouveia, 2010).

Dependendo das condições de acessibilidade do oxigénio à superfície das armaduras (complexidade da rede porosa, estado de fissuração e humidade interna do betão)



desenvolvem-se produtos de corrosão (ex.: ferrugem) no aço, responsáveis pela degradação do betão superficial.

A despassivação do aço, conjugada com a presença de água e oxigénio, provocam a expansão do volume ocupado pelo aço, levando à delaminação do betão. É possível verificar este fenómeno na figura 7 (Ferreira, 2000).



Figura 7 – Armadura à vista devido ao fenómeno de carbonatação (Reservatório de S. João de Ver, AdDP).

### **2.3.2. Penetração de Cloretos**

Ao contrário do carbono, os cloretos começam por atacar a armadura e não o betão. O transporte de cloretos para o interior do betão é um processo que ocorre em meio líquido, através da estrutura porosa do betão e das fendas e microfendas existentes.

A vida útil de uma estrutura exposta à penetração de cloretos é dividida em duas fases (Costa e Appleton, 1999):

- 1) Período de iniciação associado à penetração do teor crítico de cloretos até atingir a estrutura;
- 2) Período de propagação associado à corrosão das armaduras e aos danos por ela causados.

É a primeira fase que condiciona o tempo de vida útil, até ao aparecimento das patologias relacionadas, uma vez que a corrosão, após ser iniciada, tem uma propagação bastante rápida.

A ação dos cloretos provoca, igualmente, a despassivação e o aumento do volume ocupado pelas armaduras, iniciando-se um processo de corrosão das mesmas e provocando a degradação do betão por delaminação (ver figura 8).



Figura 8 – Oxidação das armaduras devido ao fenómeno de penetração de cloretos (Reservatório Unidirecional da Estação de Cloragem de Compostela, AdDP).

### **2.3.3. Problemas nas Juntas de Betonagem e Dilatação**

As juntas de betonagem são aquelas que, como o nome indica, resultam do processo de betonagem na fase de construção. Como exemplos existem as juntas verticais e horizontais

ao longo das paredes, juntas de ligação entre as paredes e as lajes (pavimento e cobertura) e juntas horizontais no pavimento e na cobertura (figura 9). Neste tipo de juntas não é permitido o movimento da estrutura.

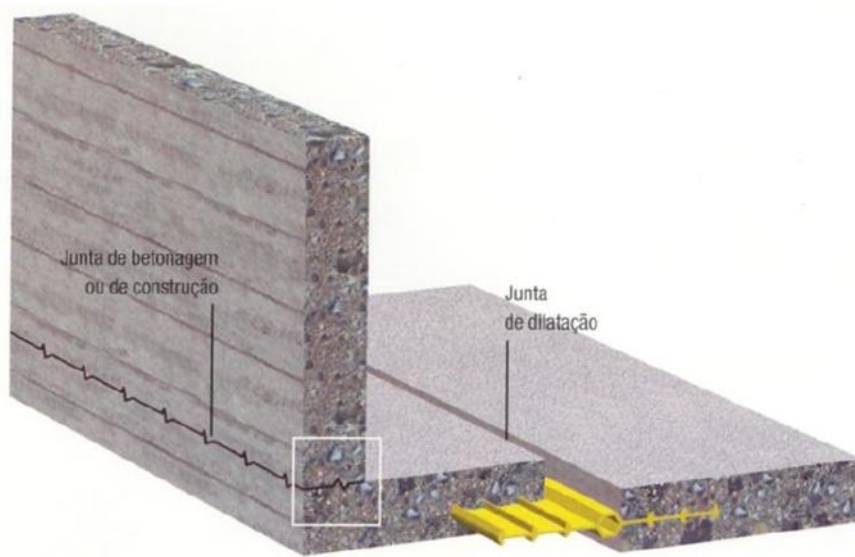


Figura 9 – Juntas de betonagem e dilatação (Pereira, 2010).

As juntas de dilatação podem definir-se como uma separação física provocada intencionalmente, em locais pré-estabelecidos, de modo a que as várias partes da estrutura se possam movimentar devido ao efeito da temperatura (dilatação) (Pereira, 2010).

Juntas mal seladas são das principais causas de perdas de água dentro dos reservatórios, como demonstra a figura 10. A correta selagem das mesmas é um fator muito importante e que deve ser executado antes da aplicação do revestimento impermeabilizante.



Figura 10 – Perda de água em juntas de dilatação – Junta Waterstop (Sotecnisol, 2009).

#### **2.3.4. Problemas nas Fundações**

Os problemas nas fundações estão associados aos assentamentos da estrutura, que podem ser provocados por anomalias nos processos construtivos (ex.: má compactação do solo) ou por infiltrações de água proveniente do reservatório. Estes problemas têm muita influência no aparecimento de fissuras dentro do reservatório.

#### **2.3.5. Recobrimento Insuficiente das Armaduras**

O recobrimento insuficiente das armaduras pode provocar o destacamento do betão (ver figura 11), permitindo que as armaduras fiquem à vista. Este incidente ocorre na face inferior da cobertura devido à acumulação de vapores de água (fenómeno associado à carbonatação e penetração de cloretos).



Figura 11 – Destacamento do betão por recobrimento insuficiente (Pereira, 2010).

#### **2.3.6. Dilatações nas Superfícies dos Reservatórios**

As variações de pressão, devidas às diferentes quantidades de água que, ao longo do tempo, ficam armazenadas dentro do reservatório, e as variações de temperatura, que se

verificam dentro do mesmo, ao longo do ano, originam dilatações na sua superfície provocando o aparecimento de fissuras.

### **2.3.7. Degradação do Revestimento Interior**

É necessária a utilização de materiais de revestimento e impermeabilização que protejam a superfície do reservatório e revelem um bom comportamento face ao contacto com a água.

Contudo, os revestimentos têm uma duração limitada. O contacto constante com a água e com o cloro nela dissolvido, conjugados com o seu movimento, provocam o desgaste natural do revestimento (ver figuras 12 e 13). No caso da movimentação da água, refira-se que o percurso desde a entrada até à saída, pode ser bastante intenso dependendo do tráfego diário (caudal médio diário de entrada no reservatório) que geralmente se verifica no reservatório. Também as perturbações que se verificam na estrutura podem proporcionar o aparecimento de fissuras no revestimento, pondo em causa a sua função de impermeabilização.

Por estes motivos, é fundamental que, periodicamente, se faça uma revisão do estado de conservação do reservatório na qual, após a realização de uma análise pormenorizada, serão definidas as intervenções a efetuar e as características dos produtos a utilizar.



Figura 12 – Revestimento interior muito degradado e inexistente em algumas zonas (Reservatório de Ramalde, AdDP).



Figura 13 – Revestimento interior do pavimento a destacar-se (Reservatório de Jovim, AdDP).

## 2.4. Reabilitação Interior de Reservatórios

Com a reabilitação pretende-se recuperar as boas condições de funcionalidade no interior dos reservatórios quando estes se encontram degradados, e assim, prolongar o seu tempo de vida útil. Este procedimento é de extrema importância para que seja possível manter a qualidade da água e impedir que esta se infiltre e danifique a estrutura, nomeadamente,



com o aparecimento de corrosão nas armaduras e consequente degradação do betão. Desta forma, deverá proceder-se às reparações, ou substituições, que forem necessárias.

A reabilitação das superfícies interiores de um reservatório de água potável compreende três vertentes distintas (Redecor, 2013a):

- a) Proteção estrutural, tendo em vista a sua longevidade;
- b) Impermeabilização, de modo a assegurar os níveis de estanquidade adequados;
- c) Funcionalidade, permitindo o abastecimento de água com qualidade às populações.

As principais fases de intervenção para reabilitação de um reservatório são as seguintes (Redecor, 2013a):

- 1) Identificação das patologias existentes nos reservatórios.
- 2) Escolha dos produtos a utilizar.
- 3) Identificação das metodologias de reabilitação a utilizar em cada caso:
  - 3.1) Decapagem da superfície;
  - 3.2) Tratamento de armaduras à vista;
  - 3.3) Reparções pontuais e regularização da superfície de betão;
  - 3.4) Tratamento de fissuras;
  - 3.5) Tratamento de juntas de betonagem;
  - 3.6) Tratamento de juntas de dilatação;
  - 3.7) Tratamento dos atravessamentos de tubagens nas estruturas de betão;
  - 3.8) Tratamento de elementos metálicos;
  - 3.9) Impermeabilização da superfície.

Nos pontos seguintes são descritas estas fases de forma pormenorizada.

#### **2.4.1. Identificação das Patologias e Escolha dos Produtos a Utilizar**

Em primeiro lugar é necessário proceder a uma vistoria do reservatório de forma a identificar as patologias existentes, e assim, definir os produtos que deverão ser aplicados.

Em Portugal, a EPAL (Empresa Portuguesa de Águas Livres), estabeleceu uma lista de materiais aprovados para o contacto com a água potável, que pode ser consultada no anexo I deste relatório.

A nível internacional, a DWI (Drinking Water Inspectorate), estabeleceu também uma lista de materiais aprovados para o contacto com a água potável e, a DVGW (Associação Científica e Técnica Alemã para Gás e Água – Comité de Armazenamento de Água), possui uma ficha de trabalho W300, que define quais as condições a que os produtos de revestimento devem obedecer e estabelece o número de camadas, atualizando as exigências de base da Norma DIN EN 1508, para construção e manutenção de reservatórios de água potável (Pereira, 2010).

Em cada fase da reabilitação existem diversos produtos, de várias empresas, que podem ser utilizados. Por isso, é importante que, durante a escolha, seja feita uma análise em laboratório para confirmar que o produto que será selecionado é compatível com as características químicas da água.

Uma vez que cada produto tem as suas características específicas, o método de aplicação varia entre eles e, por isso, para a sua aplicação, é fundamental a análise cuidada das respetivas fichas técnicas. O ideal será que a equipa aplicadora seja devidamente formada e com experiência neste campo.

Muitas das empresas fornecedoras do mercado não fazem a aplicação dos seus produtos, mas possuem parcerias com empresas aplicadoras, às quais dão formação e apoio técnico



durante a obra, de modo a garantir a qualidade da aplicação. A aplicação é um aspeto que não se pode descuidar pois irá afetar todo o desempenho do produto, por muito bom que este seja.

#### **2.4.2. Identificação das Metodologias de Reabilitação**

##### **1) Decapagem da Superfície**

A decapagem destina-se, não só a retirar sujidades e restos do revestimento danificado da superfície, mas também a localizar as zonas do suporte com baixa resistência devido à deterioração do betão.

É um procedimento fundamental para garantir que não ficam restos de materiais na superfície, que prejudiquem a aderência dos novos produtos de reparação.

A decapagem da superfície é realizada normalmente com jato de água a alta pressão ou ainda, com jacto de areia, embora menos utilizado por deixar uma grande quantidade de areia dentro do reservatório, que terá, posteriormente, de ser removida.

##### **1) Tratamento de Armaduras à Vista**

No caso de existirem armaduras à vista, deverá ser aplicado um produto que permita tratar ou evitar a corrosão das mesmas.

Antes da aplicação do produto é necessário picar e retirar o betão em toda a volta da armadura afetada. A zona a reparar deve ser limpa, recorrendo a uma escova metálica, jato de água ou jato de areia, para remover os vestígios de ferrugem existentes nas armaduras.

Para aplicação do produto é necessário que a base seja previamente humedecida utilizando água limpa.

Para posterior reposição do recobrimento do betão dever-se-á utilizar, nestas zonas, uma das argamassas mencionadas no ponto 2.4.2.3., para reparações pontuais de betão.

Existem várias empresas no mercado que fornecem produtos para tratamento e proteção de armaduras. Alguns desses produtos são apresentados no quadro 1, e as respetivas fichas técnicas podem ser consultadas no anexo II deste relatório.

Fornecedor	Produto
	<p>❖ <b>Vandex Corrosion Protection M</b></p> <p>Revestimento de base cimentícia, mono-componente, de proteção anticorrosiva para armaduras. Cumpre a norma DVGW.</p>
	<p>❖ <b>Sikatop Armatec 110 Epocem</b></p> <p>Revestimento anticorrosivo para armaduras à base de cimento e resina de epóxi modificada que funciona também como agente de aderência entre o betão e a argamassa de reparação estrutural.</p> <p>❖ <b>Sika FerroGard – 903</b></p> <p>Impregnação inibidora da corrosão do betão armado que, aplicada na superfície do suporte, penetra no betão e é atraída para as armaduras. Retarda o início da corrosão e reduz a velocidade de atuação.</p>
	<p>❖ <b>MC-RIM PW-CP (MC Bauchemie)</b></p> <p>Revestimento mineral de proteção anticorrosiva para armaduras de estruturas em contacto com água potável. Aprovado pela DVGW.</p>
	<p>❖ <b>MasterEmaco P 2000 BP</b></p> <p>Resina epóxi bi-componente que funciona como ponte de união entre o betão e a argamassa de reparação estrutural e, também como primário de barreira para proteção de armaduras.</p> <p>❖ <b>MasterEmaco P 2100 BP</b></p> <p>Resina epóxi bi-componente que funciona como ponte de união entre o betão e a argamassa de reparação estrutural e, também, como primário de barreira para proteção de armaduras.</p> <p>❖ <b>MasterEmaco P 5000 AP</b></p> <p>Primário ativo, de base cimentícia, para proteção de armaduras e reposição do pH.</p>

Quadro 1 – Produtos para tratamento e proteção de armaduras.

## 2) Reparações Pontuais e Regularização da Superfície de Betão

As patologias existentes nas superfícies de betão serão colmatadas, recorrendo ao uso de argamassas de reparação de betão. A superfície deve estar limpa, isenta de restos de revestimento e betão desagregado, e deve ser humidificada com água limpa, antes da aplicação da argamassa.

A aplicação da argamassa pode ser feita manualmente, com espátula, talocha, brocha, rolo ou pincel, ou, ainda, por projeção, dependendo das especificações do produto a utilizar (consultar sempre as fichas técnicas). No final, deverá ser garantido que a superfície está regularizada para receber o revestimento de impermeabilização (figura 14).

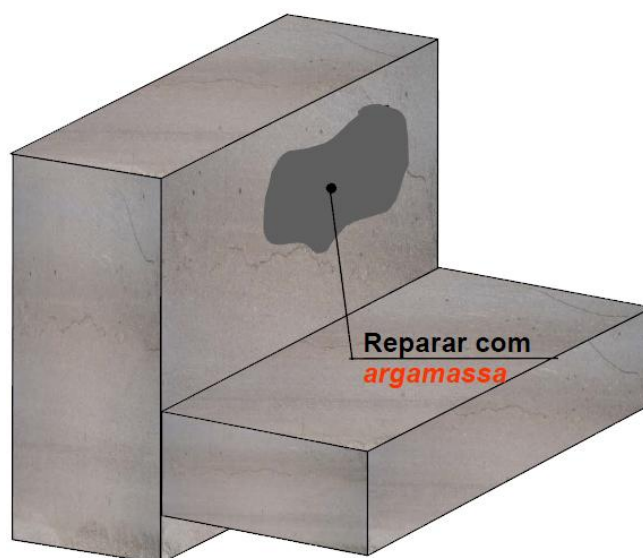


Figura 14 – Reparações pontuais no betão com argamassa (Ecofirma, 2010).

Encontram-se sistematizados, no quadro 2, algumas das argamassas mais utilizadas para este fim e as respetivas fichas técnicas podem ser consultadas no anexo III deste relatório.

Fornecedor	Produto
	<p>❖ <b>Vandex Cemline MG 4</b></p> <p>Argamassa cimentícia, mono-componente, de reparação estrutural reforçada com fibras, ideal para regularização de defeitos localizados no betão.</p>
	<p>❖ <b>Vandex Cemline Mortar</b></p> <p>Argamassa cimentícia, mono-componente, de reparação e impermeabilização, ideal para regularização de defeitos localizados no betão ou revestir superfícies de um reservatório. Cumpre a norma DVGW.</p>
	<p>❖ <b>SikaTop 122</b></p> <p>Argamassa cimentícia bi-componente, de alta resistência mecânica, especialmente indicada para a reparação e regularização de estruturas de betão.</p>
	<p>❖ <b>SikaTop 121</b></p> <p>Argamassa bi-componente, utilizada para regularização da superfície e reparações em pequenas espessuras, para posterior colocação do revestimento de impermeabilização. Espessuras de 2 a 5 mm por camada.</p>
	<p>❖ <b>Icosit KC 220N</b></p> <p>Ligante estrutural bi-componente com base em resinas de epóxi, para reparação e regularização do betão.</p>
	<p>❖ <b>MC-Rim PW-20 (MC Bauchemie)</b></p> <p>Argamassa mono-componente, indicado para substituição de betão e para aumentar o recobrimento de betão. No caso de aplicação manual, utilizar primário de aderência MC-RIM PW-BC. Ambos aprovados pela DVGW.</p>
	<p>❖ <b>MasterEmaco S 488</b></p> <p>Argamassa tixotrópica de elevada compatibilidade com o betão, com retração compensada, elevada resistência mecânica e elevada impermeabilidade à água, para reparações em elementos estruturais.</p>
	<p>❖ <b>MasterEmaco S 5300</b></p> <p>Argamassa mono-componente, de elevada resistência mecânica e retração compensada. Ideal para reparações de elementos estruturais.</p>
	<p>❖ <b>MasterEmaco S 2600 - Base Epóxi</b></p> <p>Argamassa epoxy tixotrópica bi-componente, para reparações de degradações, ruturas e desgastes, em superfícies verticais e horizontais.</p>

Quadro 2 – Argamassas para reparação de betão.

### 3) Tratamento de Fissuras

Para tratar fissuras com argamassas de reparação estrutural é necessário abrir um roço, de secção triangular, no local da fissura, com profundidade de 3 cm, utilizando um disco de corte ou martelo. Limpa-se a abertura com jato de água para remover sujidades e poeiras, e aplica-se uma argamassa impermeabilizante, ou uma combinação de argamassas (dependendo das indicações do fornecedor), com talocha (ver figura 15).







Figura 15 – À esquerda Abertura do roço sobre a fissura. À direita colocação da argamassa sobre as fissuras (Reservatório de Água Filtrada da ETA de Lever, AdDP).

No quadro 3 encontram-se enumeradas algumas das argamassas mais utilizadas na reparação de fissuras. Todas, à exceção da “Vandex Super”, já foram apresentadas no quadro 2. A ficha técnica desta argamassa pode ser consultada no anexo IV deste relatório.

Fornecedor	Produto
	<p>❖ <b>Vandex Super</b></p> <p>Produto de impermeabilização por penetração no betão, à base de cimento, pronto a ser usado. Quando Vandex Super é aplicado numa superfície de betão os químicos ativos combinam-se com a cal livre e humidade presentes nos capilares para formar complexos cristalinos insolúveis. Estes cristais bloqueiam os capilares e microfissuras impedindo a passagem da água (mesmo sob pressão).</p> <p>❖ <b>Vandex Cemline Mortar</b></p> <p>Argamassa de reparação e impermeabilização para estruturas de água potável. Deve ser aplicada após Vandex Super.</p>
	<p>❖ <b>Sikatop 122</b></p> <p>Argamassa cimentícia bi-componente, de alta resistência mecânica, especialmente indicada para a reparação e regularização de estruturas de betão.</p> <p>❖ <b>Icosit KC 220 N</b></p> <p>Ligante estrutural bi-componente com base em resinas de epóxi, para reparação e regularização do betão.</p>
	<p>❖ <b>MasterEmaco S 488</b></p> <p>Argamassa tixotrópica de elevada compatibilidade com o betão, com retração compensada, elevada resistência mecânica e elevada impermeabilidade à água, para reparações em elementos estruturais.</p>

Quadro 3 – Argamassas para tratamento de fissuras.

No caso de fissuras onde se verifique fuga de água, seja pelas paredes ou pelo pavimento, é possível recorrer-se a produtos de injeção para restabelecer a estanquidade. No quadro 4 constam alguns dos produtos que existem no mercado e as respetivas fichas técnicas podem, igualmente, ser consultadas no anexo V deste relatório.

Fornecedor	Produto
	<p>❖ <b>WEBAC 150</b></p> <p>Poliuretano hidroexpansivo utilizado como pré injeção para tamponar a água sob pressão antes da aplicação do WEBAC 1405.</p> <p>❖ <b>WEBAC 1405</b></p> <p>Resina injetável para selagem de fissuras, juntas e atravessamentos de tubagens.</p>
	<p>❖ <b>Sika Injection 451</b></p> <p>Fluido de muita baixa viscosidade para injeção, à base de resinas de epóxi de elevadas resistências estruturais. É adequado para selagem de fissuras e cavidades em betão.</p> <p>❖ <b>Sikadur 52 Injection</b></p> <p>Fluido de baixa viscosidade para injeção, à base de resinas epóxi de elevadas resistências, em dois componentes. Ideal para enchimento e selagem de cavidades e fissuras em reservatórios de água potável.</p>
	<p>❖ <b>MC-Injekt 2033 (MC Bauchemie)</b></p> <p>Resina de poliuretano, flexível e hidroexpansiva, utilizado como pré-injeção, para tamponar a água sob pressão, antes da aplicação do MC-Injekt 2300 NV.</p> <p>❖ <b>MC-Injekt 2300 NV</b></p> <p>Resina de poliuretano, flexível, injetável, para selagem de fissuras, juntas e atravessamentos de tubagens com pressões baixas.</p> <p>❖ <b>MC-Injekt 2700 NV</b></p> <p>Resina de poliuretano, rígida e hidroexpansiva, injetável, para selagem de fissuras, juntas e atravessamentos de tubagens com</p> <p>❖ <b>MC-Injekt GL-95 TX</b></p> <p>Resina hidroestrutural de base acrílico, para selagem de juntas, fendas e cavidades em alvenaria de betão.</p>
	<p>❖ <b>MasterInject 1360</b></p> <p>Injeção de resina epóxi fluida para selagem de fissuras em betão ou argamassas. Aplicáveis em zonas verticais e horizontais.</p> <p>❖ <b>MasterBrace ADH 1460</b></p> <p>Este produto é um adesivo que funciona como selante externo da fissura quando se injeta resina fluida através da mesma, evitando assim que a resina venha para o exterior.</p>

Quadro 4 – Produtos de injeção.

#### 4) Tratamento de Juntas de Betonagem

Nas juntas de betonagem é utilizada a mesma metodologia descrita, no ponto anterior para as fissuras. Deve proceder-se à abertura de um roço, de secção triangular, com 3 cm de profundidade, recorrendo a um disco de corte ou martelo. De seguida, limpar a abertura com jato de água e aplicar uma argamassa impermeabilizante, ou uma combinação de argamassas, utilizando uma talocha. Para reforçar a resistência da argamassa de impermeabilização à tração, caso existam movimentos, pode usar-se uma rede de fibra de vidro com 20 cm de largura (10 cm para cada lado da junta), colocada entre duas camadas de argamassa. As argamassas a utilizar são as mesmas do tratamento de fissuras que constam no quadro 3.

Também é possível selar as juntas de betonagem por injeção como demonstra a figura 16. Os produtos de injeção utilizados para a impermeabilização de juntas são os mesmos do tratamento de fissuras que constam no quadro 4.

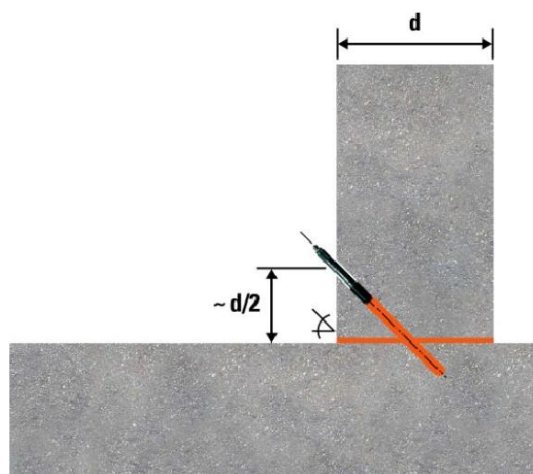


Figura 16 – Injeção para impermeabilização de juntas de betonagem (Sotecnisol, 2009).

Nos encontros entre parede/pavimento, parede/parede, parede/pilar, pavimento/pilar, é necessária a execução de meias canas (figura17) de modo a suavizar as transições e evitar fissuração do revestimento nessas zonas, que permitam a fuga de água (Sotecnisol, 2009).



Consiste na abertura de um roço de 3 por 3 cm em ambos os elementos, após a qual, se deverá limpar e humidificar a superfície e, de seguida, aplicar uma argamassa estrutural com forma de meia cana. A argamassa pode ser reforçada com a aplicação de uma rede de fibra de vidro, entre duas camadas de argamassa.

As argamassas mais indicadas para a execução das meias canas já foram referidas no quadro 2, relativo às argamassas de reparações pontuais, das quais se salientam:

- Vandex Cemline MG4;
- Sika Top 122;
- MC-Rim PW-20;
- MasterEmaco S 488.

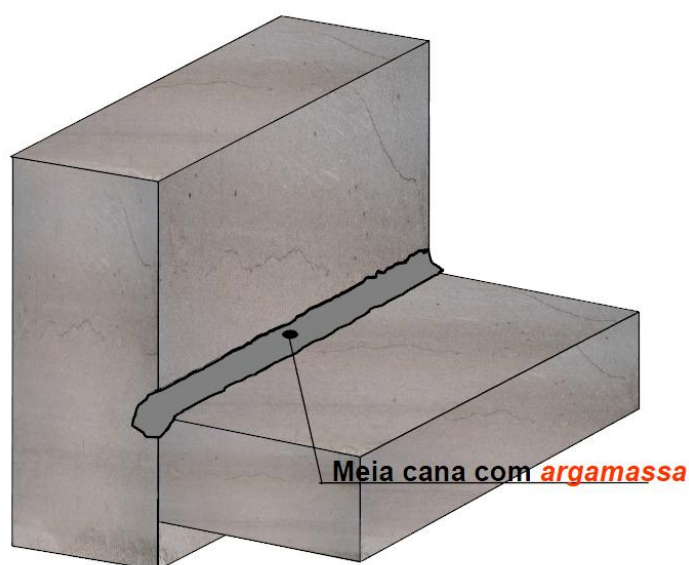


Figura 17 – Execução de meia cana no encontro parede/pavimento (Ecofirma, 2010).




## 5) Tratamento de Juntas de Dilatação

Para reparar as juntas de dilatação que já não se encontrem em boas condições para impedir a passagem da água, deve-se limpar a superfície da junta, eliminando o pó e elementos contaminantes que possam afetar a aderência. Dever-se-á, ainda, humidificar o suporte até à saturação antes da aplicação dos produtos de selagem. Por fim, deverá preencher-se a junta com mástique e, por cima, colocar uma membrana impermeável com 20 cm de largura (10 cm para cada lado da junta), entre duas camadas de resina epóxi (ver figura 18).



Figura 18 – Junta de dilatação no pavimento (Reservatório de Seixo Alvo, AdDP).

No quadro 5 estão representados alguns dos produtos utilizados em selagem de juntas de dilatação e as respetivas fichas técnicas podem ser consultadas no anexo VI deste relatório.

Fornecedor	Produto
	<p>❖ <b>Vandex Flextape</b> Membrana impermeável e flexível.</p> <p>❖ <b>Vandex Flextape Adhesive</b> Resina Epóxi para aderência da Vandex Flextape.</p>
	<p>❖ <b>Sikadur Combiflex SG Tape</b> Banda impermeável, flexível, com elevada aderência e resistente à água. Elevado desempenho para selagem de juntas de dilatação, juntas de betonagem e fissuras em reservatórios de água potável.</p> <p>❖ <b>Sikadur Combiflex Adhesive</b> Cola bi-componente, tixotrópica, isenta de solventes, à base de resina epóxi e cargas. São usadas para a colagem da Sikadur Combiflex SG Tape.</p> <p>❖ <b>SikaSwell S-2</b> Mástique de poliuretano para a selagem de juntas de dilatação ou atravessamentos de tubagem, que se expande em contacto com água impedindo a sua passagem através da junta.</p>
	<p>❖ <b>MasterSeal NP 474</b> Mástique mono-componente, elástico, para selagem de juntas em permanente contacto com água.</p>

Quadro 5 – Produtos para selagem de juntas de dilatação.

Também é possível selar as juntas de dilatação por injeção (figura 19). Os produtos utilizados para a injeção de juntas são os mesmos do tratamento de fissuras que constam no quadro 4.

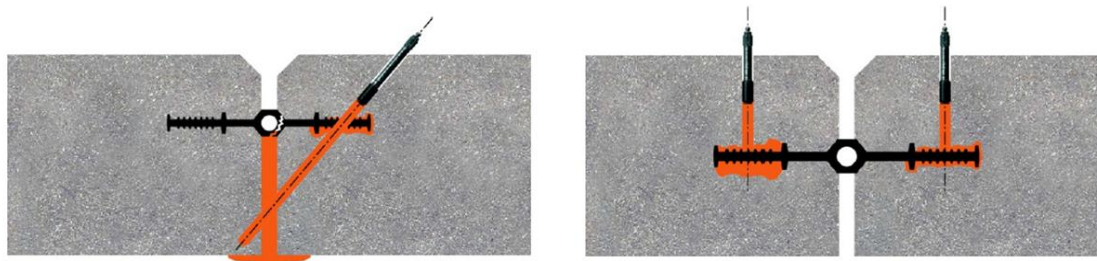


Figura 19 – Injeção para impermeabilização de juntas de dilatação – Juntas Waterstop (Sotecnisol, 2009).

## 6) Tratamento dos Atravessamento de Tubagens nas Paredes de Betão

O tratamento destas zonas tem o objetivo de impedir fugas da água na ligação tubo/betão.

Uma forma eficaz de selar a zona de atravessamento dos tubos é através de produtos de injeção como se pode ver na figura 20, sendo que os produtos são os indicados no quadro 4.

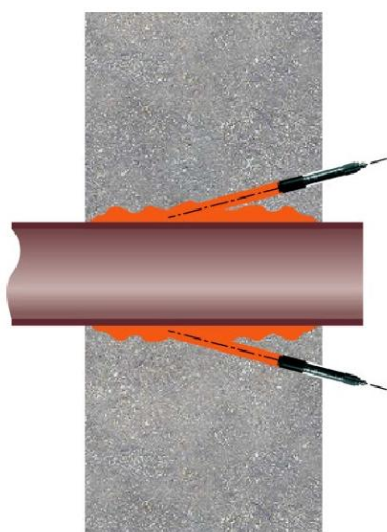


Figura 20 – Injeção para impermeabilização de atravessamentos de tubagens (Sotecnisol, 2009).

Existe ainda outra forma eficaz, que consiste em abrir um roço com disco de corte, à volta do tubo, com uma largura de 3 cm e profundidade de 5 cm. A zona deve ser limpa com jato de água e, de seguida, aplica-se mástique hidroexpansivo à volta do tubo. O restante espaço é preenchido com argamassa de reparação estrutural sem retração, preferencialmente com acabamento em forma de meia cana. Pode, ainda, ser aplicada uma malha de fibra de vidro numa largura de 10 cm na superfície de betão e do tubo, como é visível na figura 21.



Figura 21 – Exemplo de selagem de atravessamentos de tubagem (Grilo, 2007).

As argamassas indicadas estão representadas no quadro 6 e as respetivas fichas técnicas podem ser consultadas no anexo VII.

Fornecedor	Produto
	<p>❖ <b>Vandex Grout 20</b></p> <p>Argamassa cimentícia, mono-componente, de retração compensada. Ideal para reparações de betão, enchimentos e ancoragens de elementos metálicos.</p>
	<p>❖ <b>Sika Grout 213/218</b></p> <p>Argamassa mono-componente de retração compensada, à base de cimento, ideal para enchimento de fendas e cavidades confinadas no interior do betão. O 213 é utilizado para espessuras entre 1 e 3 cm e o 218 para espessuras entre 3 e 8 cm.</p> <p>❖ <b>SikaSwell S-2</b></p> <p>Mástique de poliuretano para a selagem de juntas de dilatação ou atravessamentos de tubagem, que se expande em contacto com água impedindo a sua passagem através da junta.</p>
	<p>❖ <b>MasterEmaco S 5450 PG</b></p> <p>Argamassa fluida, mono-componente, de elevada resistência mecânica e retração compensada, ideal para enchimentos.</p> <p>❖ <b>MasterSeal 912</b></p> <p>Mástique hidroexpansivo mono-componente.</p>

Quadro 6 – Produtos para tratamento das zonas de atravessamento de tubagens.

## 7) Tratamento de Elementos Metálicos

Nesta fase são reparados todos os acessórios metálicos existentes no interior dos reservatórios como tubagens, filtros e escadas, que se encontrem atacados pela corrosão (figuras 22, 23 e 24).

Aquando da sua colocação, para prolongar ao máximo o seu estado de conservação, devem ser protegidos com um produto para proteção anticorrosiva.

No decorrer da sua utilização, quando apresentem um grau de corrosão baixo podem ser tratados, removendo a ferrugem existente com escova metálica ou jato de água, e aplicando novo produto de proteção, permitindo, assim, a utilização do elemento metálico por mais algum tempo.

Quando apresentam elevado grau de corrosão não sendo, já, possível, o tratamento do elemento, a única solução é a sua substituição.

As fichas técnicas dos produtos apresentados no quadro 7 podem ser consultadas no anexo VIII.



Figura 22 – Oxidação da conduta e do filtro (Reservatório de Milheirós de Poiars, AdDP).



Figura 23 – Oxidação das escadas (Reservatório de Jovim, AdDP).

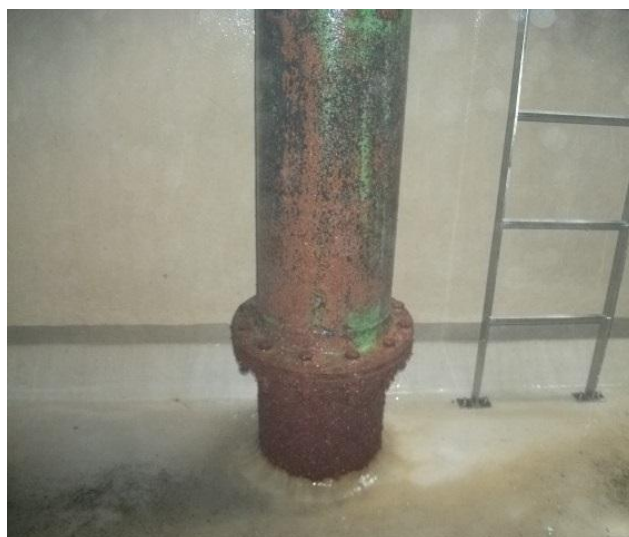



Figura 24 – Oxidação da conduta (Reservatório de Felgueiras, AdDP).

Fornecedor	Produto
	❖ <b>Hempadur 15590</b> Primário epoxídico utilizado como primário de decapagem e revestimento de suporte.
	❖ <b>Hempadur 35560</b> Revestimento epoxídico de dois componentes, com boa resistência à água doce e excelentes propriedades anticorrosivas. Ideal para utilizar dentro de reservatórios de água potável.

Quadro 7 – Produtos para tratamento de elementos metálicos.

## 8) Impermeabilização da Superfície/Tipos de Revestimento

A impermeabilização dos reservatórios consiste na aplicação de um revestimento impermeabilizante que tem como função proteger a superfície de betão do contacto com a água e, assim, impedir que esta seja contaminada, ou se infiltre na estrutura.

Os revestimentos de impermeabilização têm de estar certificados para estarem em contacto com água potável, para não prejudicarem a sua qualidade, nem colocarem em risco a saúde dos consumidores.

Existe, atualmente, no mercado, uma grande variedade de produtos de impermeabilização de reservatórios. A sua aplicabilidade irá depender das características da água e do reservatório.

Os revestimentos variam em custo e qualidade e, por isso, é importante que o responsável pela sua seleção possua um conhecimento alargado sobre o assunto, de forma a evitar a opção por soluções inadequadas que comprometam o tempo de vida útil da infraestrutura.

De seguida são enumerados os vários tipos de revestimento que existem:

### **Argamassas Cimentícias**

Atualmente, os revestimentos mais utilizados são as argamassas cimentícias (ver figura 25). Estas argamassas, não só protegem o betão e as armaduras contra os ataques dos agentes químicos criando uma barreira entre a água e o betão, como, também, inibem o fenómeno de oxidação do ferro das armaduras, pois elevam o pH do betão (*Alegre & Covas, 2010*).

A grande vantagem é o facto de ter um comportamento semelhante ao do betão, o que significa que, juntos, comportam-se como um só e, por isso, a probabilidade de



desprendimento do betão é muito reduzida. No entanto têm a desvantagem de ser um material pouco flexível, logo, pouco resistente a superfícies com grandes fissuras e sujeitas a deformações mecânicas ou térmicas (*Alegre & Covas, 2010*).

As argamassas cimentícias revelam uma impermeabilização bastante eficaz, tanto do lado ativo (impede que a água dentro do reservatório se infiltre na estrutura), como do lado passivo (impede que águas provenientes do exterior contaminem a água potável).

Considerando a sua composição química, as argamassas podem dividir-se em dois grupos:

- Mono-componentes

As argamassas mono-componentes são argamassas cimentícias, isentas de matéria orgânica, obtidas pela mistura de um componente seco (cimento) com água. Podem ser, também, consideradas argamassas rígidas.

- Bi-componentes

Argamassas cimentícias bi-componentes são argamassas onde se verifica a presença de matéria orgânica, uma vez que são obtidas pela mistura de um componente seco (cimento) com um polímero. Podem, também, ser consideradas argamassas flexíveis.

Ambas as argamassas devem ser aplicadas em superfícies húmidas, de forma a terem uma cura adequada. A sua aplicação pode ser feita manualmente ou por projeção.

Antes da aplicação, a superfície deve ser limpa através de jatos de água e deve apresentar-se sólida, isenta de óleos, gorduras ou pinturas e livres de desagregações ou fissuras. É fundamental facultar ao fornecedor as características da água que estará em contacto com o revestimento, para que este confirme se o mesmo pode ser utilizado.

A tendência na Europa tem sido a de aumentar a quantidade de argamassa aplicada e, conseqüentemente, a espessura dessa camada, aumentando, também, o período de vida útil da infraestrutura.

Contudo, em Portugal, a tendência tem sido a contrária, infelizmente, verificando-se uma diminuição na espessura da argamassa para possibilitar preços mais baixos.



Figura 25 – Reservatório de Seixo Alvo (AdDP) após a aplicação do revestimento Vandex Cemelast Blue (revestimento cimentício bi-componenete).

### **Tintas/Revestimento com Resina Epóxi/Revestimento com Poliuretano ou Poliureia**

Inicialmente as tintas eram materiais baratos, mas cuja durabilidade era muito limitada. Fabricadas com resinas epóxis, poliuretanos e poliureias, as tintas apresentavam baixa permeabilidade ao vapor de água, provocando a formação de bolhas à superfície.

Recentemente, o fabrico de revestimentos à base de resinas epóxi, poliuretanos e poliureias, tem vindo a evoluir, originando produtos com bastante qualidade e bom

desempenho, quando conjugados com boas argamassas de regularização. Estes produtos requerem, uma base limpa, seca, regular e uniforme. Por isso, antes do revestimento, é colocada uma argamassa de regularização. Apresentam, geralmente, baixo custo, uma elevada resistência ao ataque químico, e uma superfície vidrada que facilita bastante a limpeza (*Alegre & Covas, 2010*).

A grande desvantagem destes revestimentos continua a ser a o aparecimento de bolhas de água na superfície, provenientes do interior do reservatório, por condensação, ou do exterior, por infiltração. As bolhas provocam a perda de aderência do revestimento, podendo rebentar e deixar o betão desprotegido. Este fenómeno está associado ao facto de o revestimento ser totalmente impermeável (*Alegre & Covas, 2010*).

Por estes motivos, este tipo de revestimento não deve ser aplicado nos tetos dos reservatórios, pois são muito suscetíveis à infiltração de água.

A única diferença entre os revestimentos com resina epóxi e os revestimentos com poliuretano e poliureia está no facto de, os segundos terem elasticidade, durabilidade e preço superiores aos das resinas epoxi.



Nos quadros 8, 9 e 10 estão mencionados alguns dos produtos de revestimento mais utilizados nos dias de hoje. As respetivas fichas técnicas podem ser consultadas no anexo IX.

Revestimentos Cimentícios Mono-componentes	
Fornecedor	Produto
	<p>❖ <b>Vandex Cemline Top White/Grey</b></p> <p>Revestimento cimentício, mono-componente, para reservatórios de água potável. Para aplicar em substratos de betão ou sobre a argamassa Vandex Cemline Mortar. Existem em duas cores: branco e cinzento. Aprovado pela EPAL e DVGW.</p>
	<p>❖ <b>Vandex BB 75</b></p> <p>Argamassa cimentícia de impermeabilização, mono-componente, ideal para revestir substratos de betão ou alvenaria em reservatórios de água potável. Aprovado pela EPAL, DWI e DVGW.</p>
	<p>❖ <b>Vandex BB White</b></p> <p>Argamassa cimentícia de impermeabilização, mono-componente, ideal para revestir substratos de betão ou alvenaria em reservatórios de água potável. Aprovado pela EPAL, DWI e DVGW.</p>
	<p>❖ <b>Sika 110 HD</b></p> <p>Revestimento cimentício mono-componente para regularização e impermeabilização de superfícies de betão em reservatórios de água potável.</p>
	<p>❖ <b>MC-RIM PW 10 (MC Bauchemie)</b></p> <p>Revestimento de base mineral para proteção de superfícies verticais e horizontais superiores (tetos) em reservatórios de água potável. Aplicado com talocha ou por projeção. No caso de aplicação manual, utilizar o primário de ligação MC-RIM PW-BC. Aprovado pela DVGW.</p>
	<p>❖ <b>MC-RIM PW 30 (MC Bauchemie)</b></p> <p>Revestimento de base mineral para proteção de superfícies horizontais (pavimentos) em reservatórios de água potável. Só pode ser aplicado à mão, com talocha ou régua de regularização. Aplicação manual e depois de aplicado o primário de ligação MC-RIM PW-BC. Aprovado pela DVGW.</p>
	<p>❖ <b>Masterseal 531</b></p> <p>Argamassa impermeável, mono-componente, apta para aplicação em reservatórios de água potável. Aprovado pela EPAL.</p>
	<p>❖ <b>Masterseal 6100 FX</b></p> <p>Membrana impermeabilizante elástica e flexível, mono-componente, para aplicação em superfícies de betão ou cimento, em reservatórios de água potável. Aprovada pela DWI.</p>

Quadro 8 – Revestimentos cimentícios mono-componentes

Revestimentos Cimentícios Bi-componentes	
Fornecedor	Produto
	<p>❖ <b>Vandex Cemelast</b></p> <p>Argamassa de impermeabilização flexível, bi-componente, resistente a águas agressivas. Ideal para revestir substratos de betão ou alvenaria em reservatórios de água potável, principalmente em zonas de potencial fissuração. Cumpre a norma DVGW.</p>
	<p>❖ <b>Vandex Cemelast White/Blue</b></p> <p>Argamassa de impermeabilização flexível, bi-componente, resistente a águas agressivas. Ideal para revestir substratos de betão ou alvenaria em reservatórios de água potável, principalmente em zonas de potencial fissuração. Existe em duas cores: branco e azul. Cumpre a norma DVGW.</p>
	<p>❖ <b>Vandex Polycem Z</b></p> <p>Argamassa cimentícia de impermeabilização e proteção de superfícies à base de polímeros modificados. Ideal para o contacto com águas residuais embora também possa ser usado em reservatórios de água potável.</p>
	<p>❖ <b>SikaTop Seal 107</b></p> <p>Argamassa impermeabilizante, bi-componente, para aplicação sobre estruturas de betão, argamassas de cimento, alvenaria de tijolo e blocos de betão. Ideal para a impermeabilização de reservatórios de água potável. Aprovado pela EPAL.</p>
	<p>❖ <b>Sika Top 209 Réservoir</b></p> <p>Micro-argamassa flexível de impermeabilização, para reservatórios de água potável. Boa aderência em superfícies de betão e argamassa. Aprovado pela EPAL.</p>
	<p>❖ <b>Masterseal 550</b></p> <p>Argamassa impermeável, bi-componente, flexível, para aplicação em reservatórios de água potável. Ideal para suportes que possam sofrer pequenos movimentos ou tenham pequenas fissuras. Existe em duas cores: branco ou cinzento. Aprovado pela EPAL.</p>

Quadro 9 – Revestimentos cimentícios bi-componentes.

Revestimentos Sintéticos	
Fornecedor	Produto
	<p>❖ <b>Sika Icosit K 101 TW</b></p> <p>Revestimento à base de resinas de epóxi, ideal para aplicação em reservatórios de água potável. Boa resistência química e mecânica, e fisiologicamente inofensivo após endurecimento. Aprovado pela EPAL.</p>
	<p>❖ <b>Masterseal 138</b></p> <p>Revestimento epóxi para impermeabilização e proteção de suportes de betão ou argamassas de cimento em reservatórios de água potável.</p>

Quadro 10 – Revestimentos sintéticos.

É aconselhável que, depois de aplicado o revestimento, se realize um ensaio para determinar a sua aderência à superfície de betão. É o ensaio de aderência por tração direta, ou, ensaio de “pull-off”, e serve para avaliar a resistência e a durabilidade do revestimento.

Este ensaio consiste em aplicar uma força de tração ao sistema, composto por um disco metálico e a superfície do revestimento, unidos por uma cola epoxídica (figura 26). É realizada uma perfuração em volta do disco metálico, com uma profundidade superior à do revestimento, utilizando uma máquina com disco diamantado (rebarbadora). Este corte irá permitir que as tensões produzidas sejam apenas de tração e que a área em que a força incide, através de um aparelho mecânico de aderência (dinamómetro, com um manómetro que mede a força de tração aplicada – ver figura 27), seja a área onde está aplicado o disco metálico (Lopes, 2012).

Considera-se que a força de tração necessária para arrancar o disco de metal com uma camada de revestimento, representa a resistência de aderência à tração do próprio

revestimento. Se a camada arrancada tiver, além do revestimento, uma camada de betão, significa que o revestimento tem uma boa aderência.

Este ensaio segue a norma EN 1015-12. A sua grande desvantagem é obrigar a uma reparação da zona onde foi realizado, uma vez que esta fica danificada.

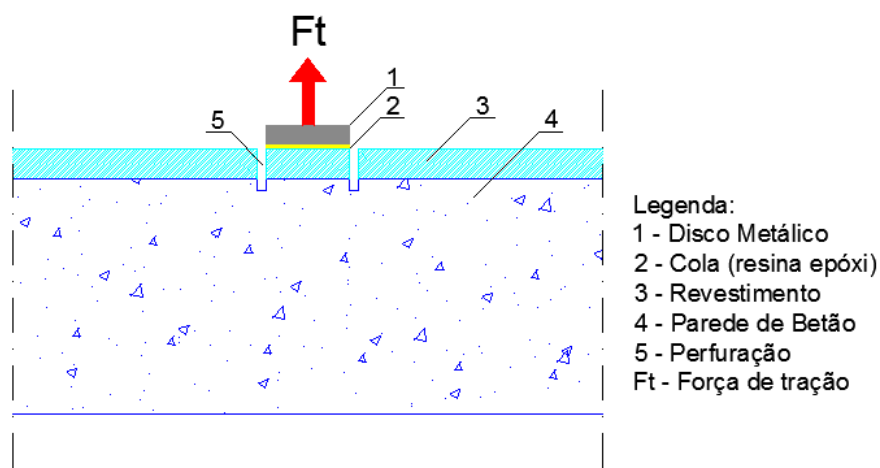


Figura 26 - Pormenor ilustrativo do ensaio de Pull-off.



Figura 27 – À esquerda: aparelho mecânico de aderência (dinamómetro). À direita: disco metálico.  
(VERLAG DASHOFER, 2014)

## 2.5. Lavagem e Desinfecção de Reservatórios

*“De acordo com o enquadramento legal em Portugal, compete ao distribuidor de água para consumo humano garantir que a água distribuída seja salubre, não contendo nenhum microorganismo, parasita ou substância em concentrações que possam constituir um*

*potencial perigo para a saúde humana, devendo manter-se inalterada a sua qualidade ao longo da linha de distribuição. Por forma a se conseguir manter esta qualidade no produto entregue ao consumidor, o ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos) recomenda intervenções de higienização de todas as estruturas de armazenamento de água potável, com uma periodicidade anual.” (Redecor, 2013b).*

Quando um reservatório está em serviço, a sua superfície encontra-se constantemente em contacto direto com a água, que pode estar imobilizada durante algum tempo, originando a formação de uma camada biológica, designada biofilme (figura 28), e a deposição de sedimentos no fundo do reservatório. O biofilme apresenta uma cor acastanhada e é constituído por óxidos de ferro e manganês, poeiras atmosféricas e matéria viva (bactérias, fungos, etc.).

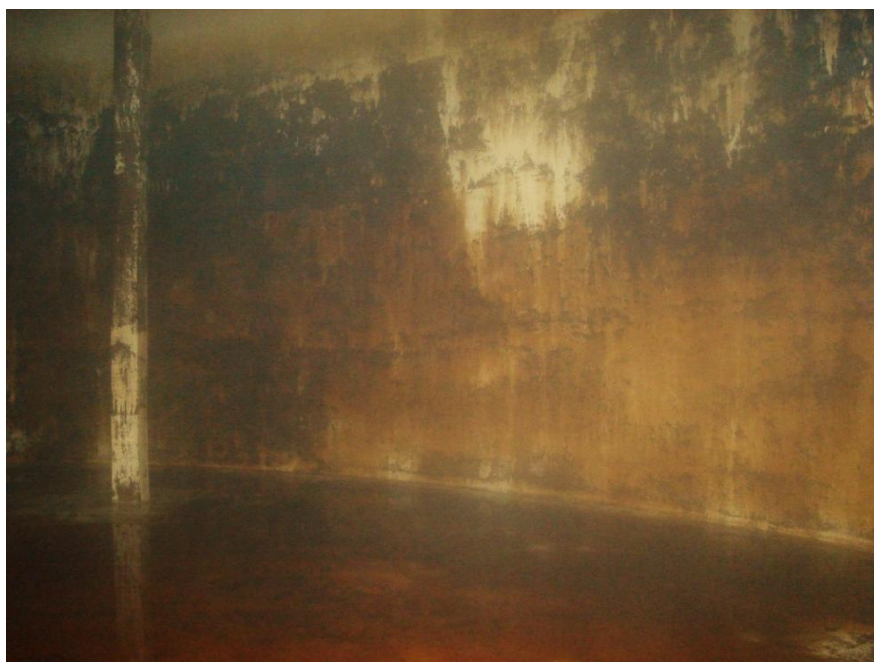


Figura 28 – Camada de biofilme bem visível nas paredes e no pavimento (Reservatório de Seixo Alvo, AdDP).

A desinfecção periódica dos reservatórios é imprescindível para permitir a adução da água sem alteração das suas características, uma vez que o biofilme proporciona a proliferação



de microrganismos através do fornecimento de nutrientes, provocando a contaminação da água.

A periodicidade da lavagem e desinfecção deverá ser definida de acordo com uma das seguintes situações (AdDP, ETC 0520 R06):

1. Após intervenções, quer se tratem de obras novas, reparações ou intervenções em células de reservatórios, imediatamente antes da sua colocação em serviço de abastecimento (no caso de reparações, se não forem urgentes, o ideal será que a sua execução coincida com as datas previstas para a lavagem e desinfecção do reservatório);
2. Com um carácter de manutenção periódica e planeada, sendo recomendado, no caso de reservatórios, um período mínimo de 1 ano e máximo de 2 anos. Em situações excecionais, em que se verifique que a frequência anual é insuficiente, poderão ser previstas lavagens mais frequentes;
3. Após a deteção de valores de matéria orgânica elevados nas superfícies do reservatório, sendo esta avaliação traduzida num resultado superior a 500 unidades de emissão de luz, segundo o método de medição de ATP<sup>1</sup> (Adenosina Trifosfato).

---

<sup>1</sup> O ATP é um indicador da matéria orgânica existente nas paredes dos reservatórios uma vez que todas as células necessitam de ATP para se manterem vivas. Esta molécula desempenha um papel importante na troca energética em sistemas biológicos. O método de medição de ATP por bioluminescência é baseado num ensaio efetuado com um luminómetro sensível à luz, que conta as unidades de luz emitidas pelas reações químicas ocorrentes nos organismos. Quanto maior a concentração de ATP, maior a intensidade da luz libertada e maior a matéria orgânica existente. (ROCHA, 2007)

A lavagem e desinfecção de reservatórios ou condutas podem ser executadas, fundamentalmente, segundo duas técnicas distintas: por enchimento e por pulverização. Contudo, devido ao elevado desperdício de água que se verifica no enchimento do reservatório, esta técnica acaba por ser utilizada unicamente nas condutas.

Na figura 29 está representado um fluxograma do processo de lavagem e desinfecção de reservatórios e condutas.

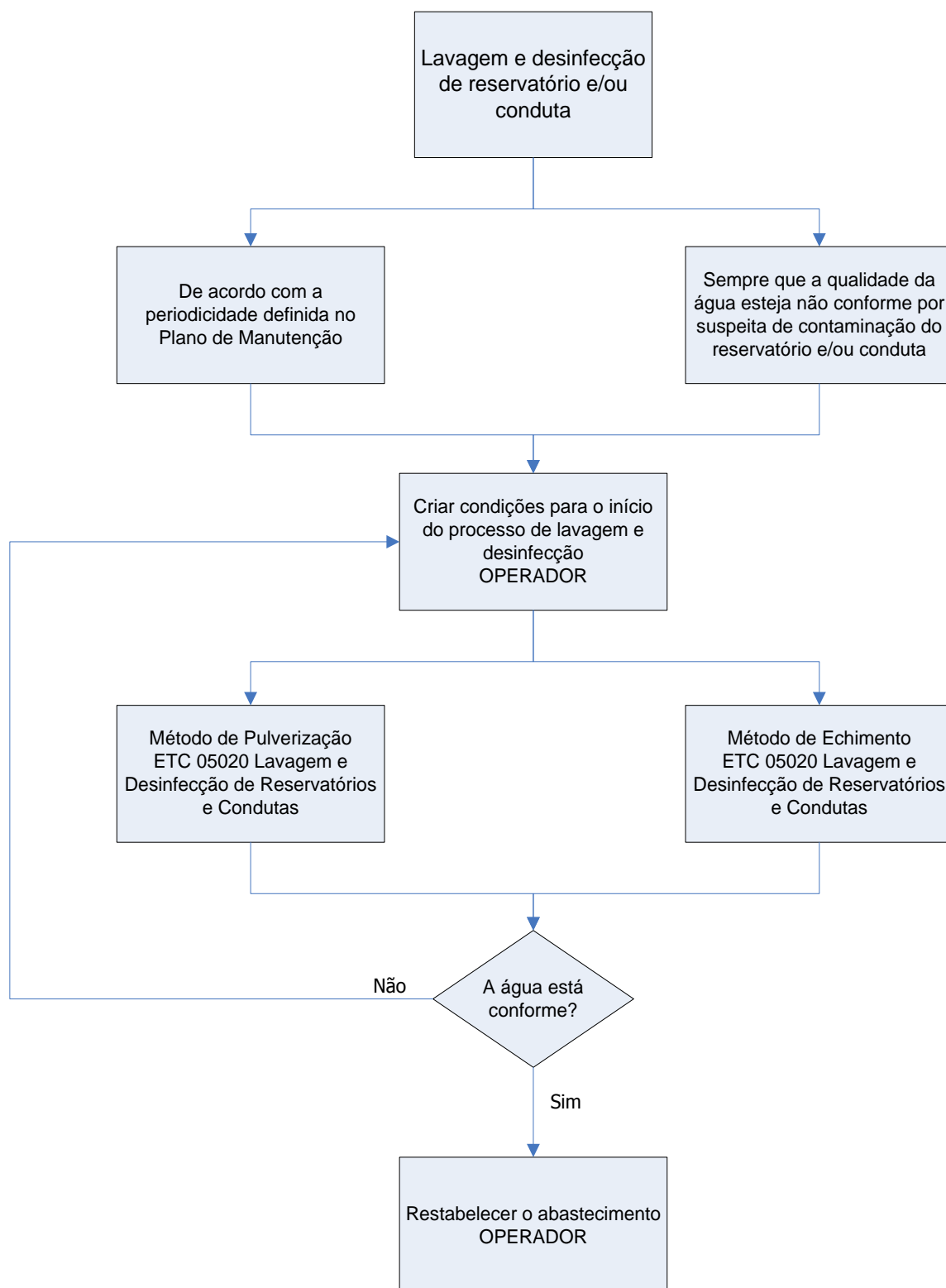


Figura 29 - Fluxograma do processo de lavagem e desinfecção de reservatórios e condutas (AdDP, ITR 0508 R03).

As fases que constituem os processos de lavagem e desinfecção por pulverização de reservatórios de água potável são as seguintes:

- 1) Lavagem inicial;
- 2) Depuração Química (desincrustação e desinfecção);
- 3) Neutralização do Efluente.

### 1) Lavagem Inicial

A lavagem inicial consiste numa primeira lavagem de todas as superfícies interiores do reservatório recorrendo à projeção de água potável a baixas pressões (pressão máxima de 6 bar), para não provocar o destacamento do revestimento (ver figura 30).

Esta fase permite a remoção dos sedimentos acumulados no fundo e das partículas de óxidos que se encontram em fase de consolidação.

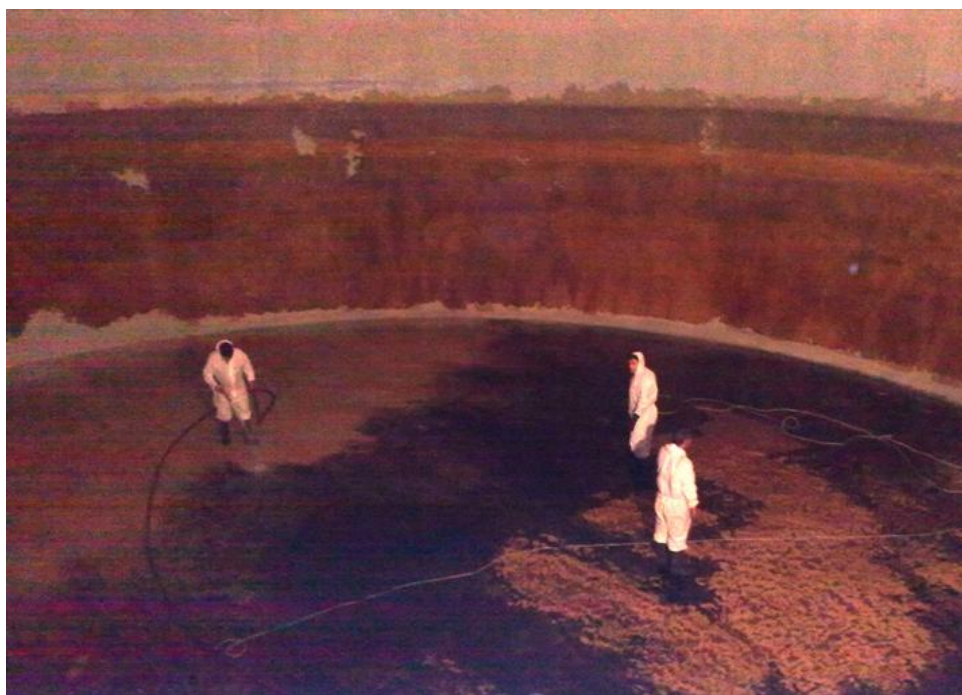


Figura 30 – Lavagem inicial com jato de água, ainda com a camada de biofilme bem visível (Reservatório de Monte Pedro, AdDP).

## **2) Depuração Química**

Após a lavagem inicial segue-se um tratamento de depuração química que, tem por objetivos, proporcionar a desincrustação dos precipitados químicos de ferro e manganês e a desinfecção dos agentes biológicos (Redecor, 2011).

A desincrustação e a desinfecção podem ser aplicadas por pulverização, em duas etapas distintas (de acordo com os pontos 2.5.2.1 e 2.5.2.2), ou em conjunto (utilizando o método descrito no ponto 2.5.2.3).

### **2.1) Desincrustação**

Nesta fase, um agente desincrustante é pulverizado sobre as paredes, pilares e fundo, à pressão de 1 bar, com um tempo de contato com a superfície de cerca de 20 minutos, antes de ser removido.

O agente desincrustante resulta de uma mistura de ácidos orgânicos e inorgânicos (fosfórico, clorídrico, cítrico) que permitem a dissolução dos óxidos de ferro e manganês. Este agente é, também, constituído por inibidores de corrosão, que protegem os elementos metálicos, e tensoativos, para que a ação do produto ocorra em toda a profundidade do biofilme (Redecor, 2009).

### **2.2) Desinfecção**

Decorrido o tempo necessário de contacto do agente desincrustante, procede-se à lavagem da superfície com jato de água, novamente com pressão máxima de 6 bar e com incorporação de uma concentração adequada de agente desinfetante.

Por sua vez, o agente desinfetante é constituído por Peróxido de Hidrogénio (água oxigenada), em meio ácido, e sal de Prata. O Peróxido de Hidrogénio é o agente oxidante enquanto o sal de Prata tem dois efeitos: oligodinâmico que, em doses impercetíveis para o

ser humano, é tóxico para os seres inferiores, e catalítico, ou seja, acelera a reação de oxidação (Redecor, 2009).

### **2.3) Desincrustação e Desinfecção (em conjunto)**

Neste método o agente desincrustante e o agente desinfetante são aplicados em conjunto, por pulverização, com um tempo de contato com a superfície de 20 minutos, seguidos de nova lavagem com jato de água.



Figura 31 – Lavagem do reservatório com jato de água (Reservatório de Duas Igrejas, AdDP).

### **3) Neutralização do Efluente**

Devido à utilização de um agente desincrustante ácido é feito o controlo do pH nas águas que resultam da desinfecção, quando a aplicação do desincrustante e do desinfetante é feita em duas etapas, e nas águas que resultam da lavagem, quando o desincrustante e o desinfetante são aplicados em conjuntos.

Se o pH se encontrar abaixo de 6,0 efetua-se a sua neutralização, através de um composto com carácter alcalino, formado principalmente por Carbonato de Sódio, de forma a não descarregar águas com um pH fora dos parâmetros legislados para o meio ambiente (Redecor, 2009).

#### **2.5.1. Produtos para Limpeza e Desinfecção de Reservatórios**

A EPAL desenvolveu uma lista de produtos aprovados para lavagem e desinfecção de condutas e reservatórios de água para consumo humano que pode ser consultada no anexo X deste relatório.

No quadro 11 são apresentados alguns desses produtos. As fichas técnicas correspondentes podem ser consultadas no anexo XI deste relatório.

Fornecedor	Produto
	<p>❖ <b>Herli Rapid TW + FCM1 (Redecor)</b></p> <p>O Herli Rapid TW é um produto líquido de limpeza e desincrustação ideal para eliminar as incrustações de Ferro e Manganês que se encontram nos reservatórios de água potável. Elimina, igualmente, algas aderidas às superfícies, e algum calcário, se existente. Herli Rapid FCM1 é um aditivo, ácido ascórbico DAB8, que funciona como redutor. Este produto está aprovado pela EPAL.</p> <p>❖ <b>Tevan Panox</b></p> <p>Desinfetante líquido concentrado à base de peróxido de hidrogénio e adição de ácido peracético. Ideal para a desinfecção das superfícies de reservatórios de água potável por pulverização. Este produto está aprovado pela EPAL.</p> <p>❖ <b>Herli-Neutralisant</b></p> <p>Pó cristalino, branco, inodoro, de carácter fortemente alcalino. É um reagente que assegura uma neutralização imediata das águas de lavagem, a seguir à limpeza dos reservatórios de água potável.</p>
 <p>Albishaussen &amp; CO. KG</p>	<p>❖ <b>Albalex-3000 + Albalex-3000-A (Ecofirma)</b></p> <p>Albalex-3000 é um desincrustante e desinfetante, ideal para a limpeza e desinfecção de reservatórios de água potável. Remove ferro, cálcio e depósitos de magnésio, bem como impurezas causados por fungos, algas e bactérias. Adicionando Albalex-3000-A, uma solução de peróxido de hidrogénio especialmente estabilizada, o oxigénio ativo é libertado, desinfetando e aumentando o poder de limpeza. Este produto é aprovado pela DVGW e pela EPAL.</p> <p>❖ <b>Albalex-Neutralizer</b></p> <p>O Albalex-Neutralizer serve para neutralizar agentes de limpeza e desincrustação ácidos antes de serem libertados para o sistema de esgotos. É adicionado ao agente de limpeza (Albalex-3000) diluído até ser alcançado um valor de pH entre 6,5 - 9,0.</p>
	<p>❖ <b>Carela Bio-Plus (Manusystems)</b></p> <p>Agente desincrustante e desinfetante, para reservatórios de água potável, que elimina depósitos de ferro, manganês e calcário. Este produto está aprovado pela DVGW e pela EPAL.</p> <p>❖ <b>Carela Bio-Des</b></p> <p>Agente de desinfecção para reservatórios de água potável. Elimina bactérias, fungos e algas. Este produto está aprovado pela DWI e pela EPAL.</p>

Quadro 11 – Produtos para limpeza e desinfecção de reservatórios de água potável.





### 3. Gestão Patrimonial de Infraestruturas

*“As infraestruturas de abastecimento de água são um suporte essencial para a prestação de um serviço público de primeira necessidade à saúde e bem-estar das populações e à economia das sociedades.*

*Constituem uma parcela muito significativa do património de utilidade pública construído, de elevado valor económico, que é necessário gerir de modo sustentável para assegurar a prestação, a longo prazo, de um serviço de elevada qualidade, garantindo o desenvolvimento das comunidades e a proteção do meio ambiente.” (Alegre & Covas, 2010).*

A gestão patrimonial de infraestruturas (GPI), no caso do abastecimento de água, incide sobre as condutas, os reservatórios, as estações elevatórias e as estações de tratamento.

Quando o principal objetivo das entidades gestoras é aumentar os níveis de cobertura de serviço (realidade Portuguesa nas décadas passadas), a GPI incide fundamentalmente no planeamento, conceção e construção de novos sistemas. Por outro lado, quando as infraestruturas já se encontram construídas e em funcionamento, a GPI centra-se na sua manutenção e reabilitação. Dado que em Portugal a fase de construção está quase concluída, os maiores desafios atuais consistem em melhorar o desempenho dos sistemas existentes.

As infraestruturas de abastecimento de água potável devem ser continuamente mantidas em boas condições de operacionalidade tendo, por isso, que sofrer, ao longo do tempo, intervenções de reabilitação, que lhe garantam um período de vida útil mais prolongado.

Tendo em conta os elevados investimentos que estas infraestruturas acarretam, é fundamental gerir com precaução as suas necessidades de intervenção. É importante saber,

de forma fundamentada, “onde”, “quando”, “quanto” e “como” reabilitar, atendendo a que estas infraestruturas não podem ser inspecionadas a qualquer momento. Por isso, torna-se necessário recorrer a métodos de diagnóstico e apoio à decisão indiretos (Alegre & Covas, 2010). No presente relatório será abordada a Análise de Riscos Qualitativa, ferramenta enquadrada no âmbito da Gestão de Risco.

### **3.1. Gestão do Risco**

O objetivo fundamental da gestão do risco é quantificar a gravidade de um risco, determinando se este é aceitável ou não. Sempre que um risco não for aceitável, é necessário desenvolver medidas que o controlem e possibilitem a sua diminuição (Costa, 2013).

Outro objetivo é, ajudar a compreender, numa determinada situação, se será mais rentável reabilitar ou substituir a infraestrutura (Costa, 2013). No caso dos reservatórios, dada a dimensão e custo destas infraestruturas, não se considera a sua substituição, mas antes, ações de reabilitação contínuas, a fim de lhe proporcionarem uma vida útil muito longa.

Assim, a gestão do risco deve compreender três fases (ver figura 32):

- Análise do risco (cujo objetivo é perceber a magnitude do risco);
- Avaliação do risco (tem o objetivo de estimar o significado que o risco assume);
- Controlo do risco (possibilita o desenvolvimento de medidas para controlar o risco).

É importante ter em conta que o objetivo da gestão de riscos não é a eliminação dos riscos, mas sim a sua gestão adequada (Costa, 2013).

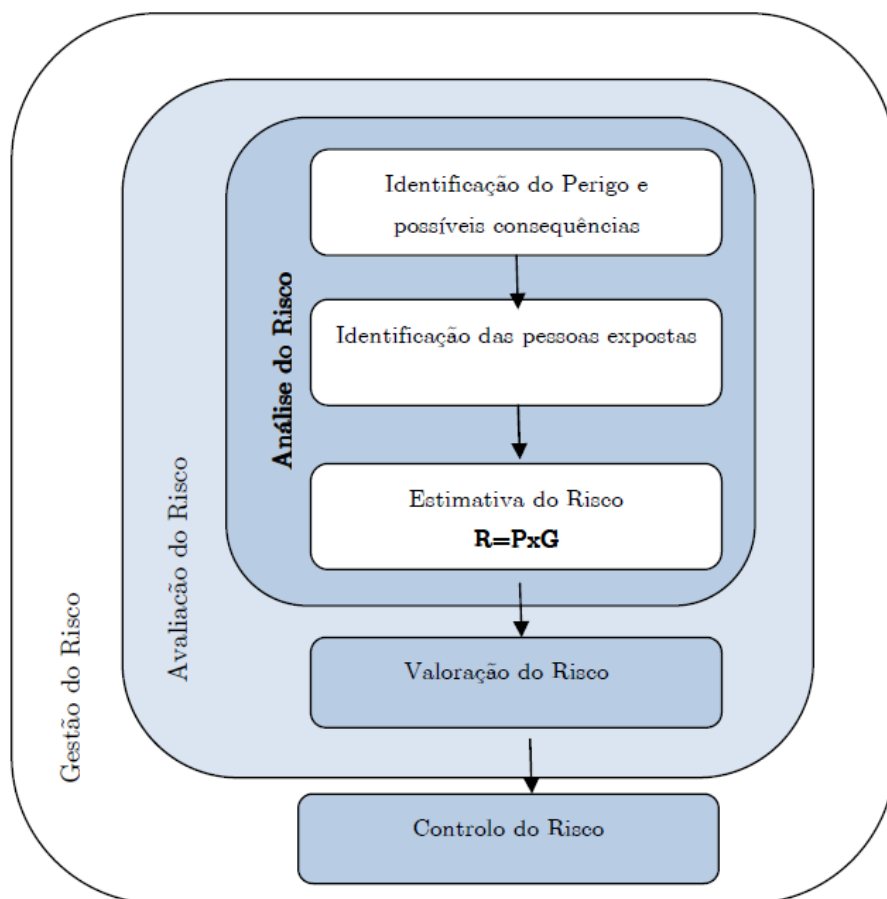


Figura 32 – Controlo do risco (Costa, 2013)

### 3.2. Análise de Riscos Qualitativa

*“O objetivo da Análise Qualitativa de Riscos é classificar os riscos e determinar quais requerem uma análise mais aprofundada e, posteriormente, planos de resposta a esses riscos.” (Silva, 2012).*

A metodologia da análise de riscos começa pela identificação dos perigos associados a um determinado evento e é seguida pela avaliação da probabilidade de ocorrência desses perigos e das possíveis consequências do mesmo, numa escala previamente definida (por exemplo, de 0 a 1 para a severidade das consequências e, de igual forma, para a

probabilidade). O nível de risco é obtido como uma função entre o nível de probabilidade de ocorrência e o grau de severidade:

$$R = P \times S$$

Onde:

*R = Risco*

*P = Probabilidade de ocorrência*

*S = Severidade das consequências*

A avaliação da probabilidade de ocorrência e do grau de severidade deve ser baseada na experiência de situações similares e, para tal, deverá recorrer-se a opinião especializada.

Os valores definidos para a severidade e para a probabilidade são, depois, conjugados na designada Matriz de Exposição ao Risco. Esta matriz é representada por uma tabela de dupla entrada, com os valores da severidade no eixo dos xx e os valores da probabilidade no eixo dos yy (Silva, 2012). O resultado da conjugação desses dois valores deverá indicar o grau de risco que determinada situação envolve.

Nesta matriz devem, então, ser definidos os graus de risco em causa, tomando, por exemplo, por base três tipos de situações:

- “Riscos considerados aceitáveis”, onde os resultados obtidos não obrigam a adotar nenhuma medida (representada a verde);
- “Riscos intermédios”, em que as medidas a tomar não são consideradas urgentes (representada a amarelo);
- “Riscos elevados”, situações em que são necessárias medidas urgentes para mitigar os riscos e reduzi-los para valores menores, de forma a passarem para as classes de risco inferiores (representada a vermelho).

Os graus de risco deverão ser definidos de acordo com os tipos de infraestrutura em avaliação e de acordo com a experiência e objetivos de cada organização. Como exemplo é apresentada uma matriz na figura 33.

Probabilidade	Muito alta (0,9)					
	Alta (0,7)					
	Moderada (0,5)					
	Baixa (0,3)					
	Muito baixa (0,1)					
		Muito baixo (0,1)	Baixo (0,3)	Moderado (0,5)	Alto (0,7)	Muito alto (0,9)
		Severidade				

Figura 33 – Exemplo de uma Matriz de Exposição ao Risco (Silva, 2012).



## 4. Os reservatórios da AdDP

A AdDP foi constituída em Maio de 1995 com o intuito de gerir os recursos hídricos, para consumo humano, da segunda maior concentração urbana do país e celebrou, em Julho de 1996, um contrato com o Estado Português, onde lhe foi outorgada a concessão, por 30 anos, do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Sul do Grande Porto. É por isso concessionária até ao ano de 2026 deste sistema.

A sua missão é: *“conceber, construir e gerir o sistema de captação, tratamento e adução de água em alta do Grande Porto Sul, garantindo, aos municípios aderentes, o fornecimento das quantidades necessárias de um produto de qualidade, através de processos de produção eficientes e respeitadores dos valores sociais e ambientais mais elevados.”* (Águas do Douro e Paiva – Manual de Acolhimento).

É, atualmente, detentora de 5 Estações de Tratamento de Água (ETA de Lever, ETA do Ferro, ETA do Ferreira, ETA de Castelo de Paiva, ETA de Pousada - Gôve), 10 Estações de Cloragem, 29 Elevatórias, 35 Reservatórios, cerca de 482 km de Conduitas, entre outras infraestruturas.

Todos os processos que fazem parte da gestão da empresa, tais como, operação, manutenção, obras, aprovisionamentos e laboratório, tem um Sistema de Gestão Integrada (SGI) elaborado de acordo com os compromissos da sua política, missão e visão e implementado de acordo com os seguintes referenciais:

Referencial		Cumprimento dos requisitos
ISO 9001	Gestão da Qualidade	Certificado desde 2003
ISO 14001	Gestão Ambiental	Certificado desde 2003
OHSAS 18001 / NP 4397	Gestão da Segurança	Certificado desde 2003
SA8000	Responsabilidade Social	Certificado desde 2010
NP EN ISO/IEC 17025	Competência para laboratórios de ensaio	Acreditação desde 2010

Figura 34 – Certificações da AdDP.



A AdDP abastece cerca de 1,8 milhões de habitantes, divididos por 21 Municípios, nomeadamente: Amarante, Arouca, Baião, Castelo de Paiva, Cinfães, Espinho, Felgueiras, Gondomar, Lousada, Maia, Matosinhos, Oliveira de Azeméis, Ovar, Paços de Ferreira, Paredes, Porto, S. João da Madeira, Sta. Maria da Feira, Valongo, Vale de Cambra e Vila Nova de Gaia.

Na figura 35 é apresentado o mapa do sistema, onde se encontram identificados os reservatórios e as estações de tratamento da AdDP.

Conforme a origem de abastecimento de água, a empresa divide o sistema de exploração em três subsistemas, denominados: subsistema de Lever (rio Douro), subsistema do Vale do Sousa (rios Paiva, Ferreira e Ferro) e o subsistema do Baixo Tâmega Ovil (rio Ovil). O subsistema de Lever engloba, ainda, o setor Produção (ETA de Lever) e os setores Norte e Sul, enquanto o subsistema do Vale do Sousa, engloba os setores Paiva, Entre-os-Rios, Norte e Tâmega.

Entre as diversas infraestruturas do sistema da AdDP, destacam-se, por serem o objeto deste estudo, os reservatórios. No quadro 12 listam-se os reservatórios da AdDP, incluindo os da rede adutora e estações de tratamento, indicam-se as respetivas capacidades, os subsistemas a que pertencem e os concelhos onde se situam.

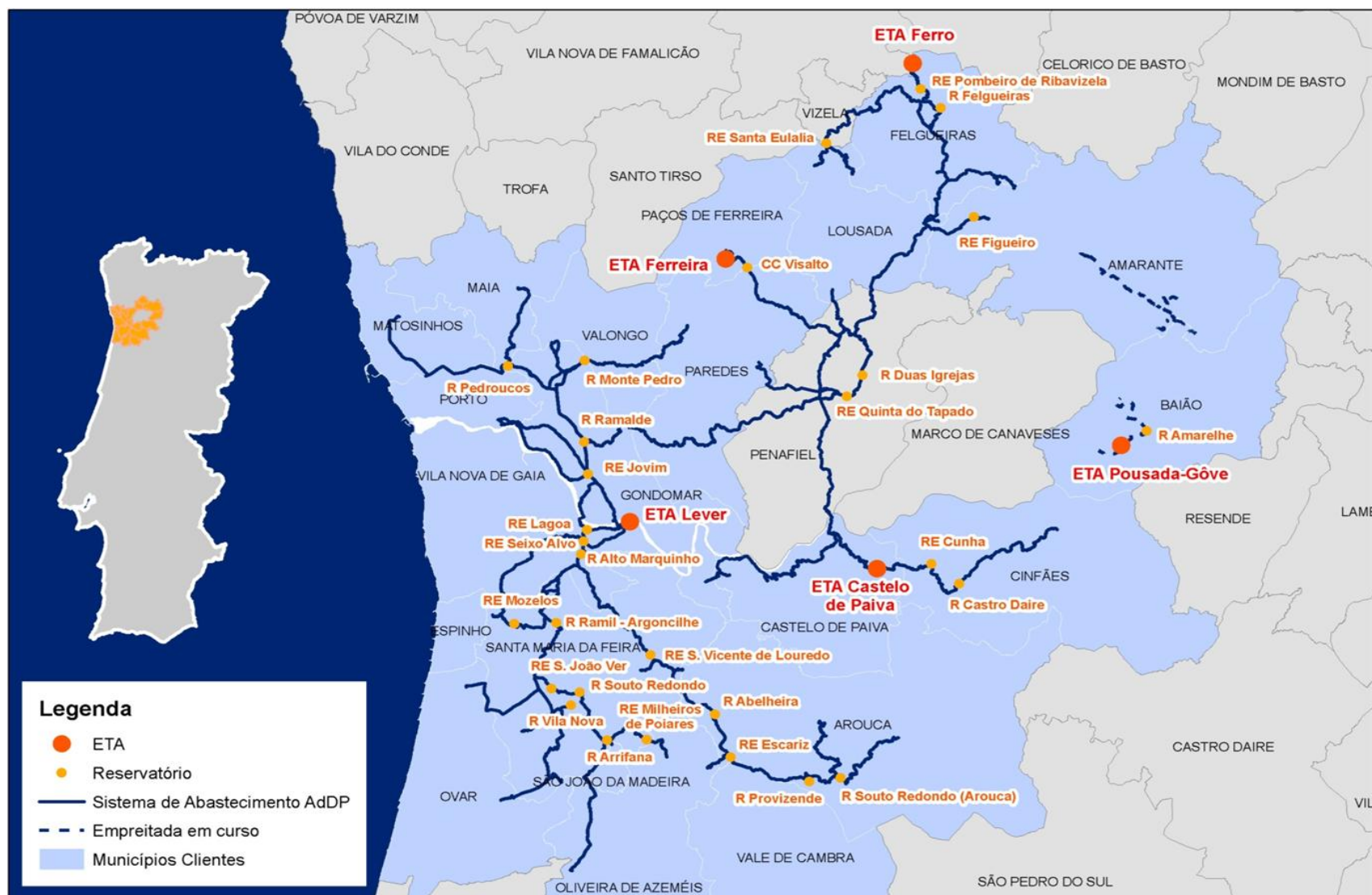


Figura 35 – Mapa de localização dos reservatórios e ETA's da AdDP.

Subsistema/Setor	Reservatório	Concelho	Capacidade (m3)
Lever – Produção	ETA de Lever RAT - Reservatório de Água Tratada RAF - Reservatório de água filtrada.	Vila Nova de Gaia	30.000 10.000
Lever – Norte	Reservatório de Jovim Reservatório de Ramalde Reservatório de Pedrouços Reservatório de Monte Pedro	Gondomar Gondomar Maia Gondomar	32.196 20.000 20.000 3.400
Lever – Sul	Reservatório de Lagoa Reservatório de Seixo Alvo Reservatório de Mozelos Reservatório de S. João de Ver Reservatório de Milheirós de Poiares Reservatório de S. Vicente – Louredo Reservatório de Escariz Reservatório de Arrifana Reservatório de Alto do Marquinho Reservatório de Souto Redondo Reservatório da Abelheira Reservatório de Provizende Reservatório de Ramil – Argoncilhe Reservatório de Vila Nova Reservatório de Souto Redondo (Arouca)	Vila Nova de Gaia Vila Nova de Gaia Sta. Maria da Feira Sta. Maria da Feira Sta. Maria da Feira Sta. Maria da Feira Arouca Sta. Maria da Feira Sta. Maria da Feira Sta. Maria da Feira Arouca Arouca Sta. Maria da Feira Sta. Maria da Feira Arouca	35.000 6.000 5.000 4.000 3.350 2.000 200 3.800 6.000 1.700 2.000 400 5.000 6.700 400
Vale do Sousa – Paiva	ETA Castelo de Paiva ETA do Ferreira Reservatório de Cunha Câmara de Carga de Visalto Reservatório de Castro Daire	Castelo de Paiva Paços de Ferreira Cinfães Paredes Cinfães	5.000 200 1000 300 750
Vale do Sousa – Entre-os-Rios	Reservatório de Quinta do Tapado Reservatório de Duas Igrejas	Penafiel Penafiel	10.000 5.000
Vale do Sousa – Norte	ETA do Ferro Reservatório de Pombeiro de Ribavizela Reservatório da Sta. Eulália Reservatório de Felgueiras	Felgueiras Felgueiras Vizela Felgueiras	400 600 400 100
Vale do Sousa – Tâmega	Reservatório de Figueiró	Amarante	3.000
Baixo Tâmega Ovil	ETA Pousada – Gôve Reservatório de Amarelhe	Baião Baião	1.000 800

Quadro 12 – Reservatórios da AdDP.

## 4.1. Criação das Fichas Técnicas dos Reservatórios

Para cada reservatório da AdDP foi criada uma ficha técnica cujo objetivo é reunir, num só documento, as principais informações relativas a cada um deles. Estas fichas foram desenvolvidas de modo a permitirem, a quem as consulta, obter rapidamente a informação de que necessita e fazer a sua atualização sempre que se verifiquem alterações ou novos dados.

Este trabalho foi realizado para todos os reservatórios de água potável do sistema, incluindo os existentes nas Estações de Tratamento e Estações Elevatórias. Para estes últimos, está incluída, na ficha técnica, um tópico específico para introdução da informação respeitante à caracterização dos grupos eletrobomba das Estações Elevatórias.

São, no total, 34 fichas que podem ser consultadas no anexo XII, com as seguintes infraestruturas:

1) Setor Lever Produção:

- ETA de Lever – RAT e RAF;

2) Setor Lever Norte:

- Reservatório e Elevatória de Jovim;
- Reservatório de Ramalde;
- Reservatório de Pedrouços;
- Reservatório de Monte Pedro.

3) Setor Lever Sul:

- Reservatório e Elevatória de Lagoa;
- Reservatório e Elevatória de Seixo Alvo I;
- Reservatório e Elevatória de Mozelos;
- Reservatório e Elevatória de S. João de Ver;

- Reservatório e Elevatória de Milheirós de Poiares;
  - Reservatório e Elevatória de S. Vicente – Louredo;
  - Reservatório e Elevatória de Escariz;
  - Reservatório e Elevatória de Arrifana;
  - Reservatório de Alto do Marquinho;
  - Reservatório de Souto Redondo;
  - Reservatório da Abelheira;
  - Reservatório de Provizende;
  - Reservatório de Ramil – Argoncilhe;
  - Reservatório de Vila Nova;
  - Reservatório de Souto Redondo (Arouca).
- 4) Setor Vale do Sousa – Paiva:
- Reservatório e Elevatória - ETA de Castelo de Paiva;
  - Reservatório e Elevatória - ETA do Ferreira;
  - Reservatório e Elevatória de Cunha;
  - Câmara de Carga de Visalto;
  - Reservatório de Castro Daire.
- 5) Setor Vale do Sousa – Entre-os-Rios:
- Reservatório e Elevatória de Portela de Rans (Quinta do Tapado);
  - Reservatório de Duas Igrejas.
- 6) Setor Vale do Sousa – Norte:
- Reservatório e Elevatória - ETA do Ferro;
  - Reservatório e Elevatória de Pombeiro de Ribavizela;
  - Reservatório e Elevatória de Sta. Eulália;
  - Reservatório de Felgueiras.

7) Setor Vale do Sousa – Tâmega:

- Reservatório e Elevatória de Figueiró.

8) Setor Baixo Tâmega Ovil:

- Reservatório e Elevatória - ETA Pousada – Gôve;
- Reservatório de Amarelhe.

Cada uma das fichas está dividida em secções distintas de informação. Para demonstrar o processo utilizado no seu preenchimento toma-se, como exemplo, o reservatório de Lagoa:

1. Identificação do reservatório

FICHA TÉCNICA RESERVATÓRIO E ELEVATÓRIA DE LAGOA		
DESIGNAÇÃO	Reservatório e Elevatória de Lagoa	
CÓDIGO	6380	
SUBSISTEMA/SECTOR	Lever Sul	
LOCALIZAÇÃO	MORADA	Rua Alto de Lagoa
	FREGUESIA	Olival
	CONCELHO	Vila Nova de Gaia
ANO DE CONSTRUÇÃO	2001	
EXPLORAÇÃO PELA AdDP	2001	



Figura 36 – Secção de identificação do reservatório.

Como facilmente se percebe, esta secção serve para identificar o reservatório em questão e obviamente, o nome do reservatório, o código e a sua localização, que são dados fundamentais. A existência de uma fotografia do reservatório também é importante para o reconhecimento visual do mesmo.

O ano de construção do reservatório e o ano em que a AdDP iniciou a sua exploração, servem de informação adicional. A distinção entre as duas datas é importante já que alguns dos reservatórios não foram construídos pela AdDP, mas sim adquiridos aos

municípios e, por isso, em alguns casos, existe uma grande diferença entre o ano de construção e o ano, a partir do qual, o reservatório passou a pertencer a esta empresa.

Estes dados tiveram por base o registo dos reservatórios já existente na AdDP.

## 2. Células do reservatório

CÉLULAS DO RESERVATÓRIO				
Nº DE CÉLULAS	2 (de frente para o reservatório: célula 1 à esquerda e célula 2 à direita)			
FORMA	Retangular			
MATERIAL CONSTRUTIVO	Betão Armado			
COTAS (m)	BASE	147,00	PLENO ARMAZEN.	152,30
DIMENSÕES (m)	CÉLULA 1	60*55	CÉLULA 2	60*55
CAPACIDADE (m3)	CÉLULA 1	17500,0	CÉLULA 2	17500,0
CAPACIDADE TOTAL (m3)	35000,0			
REVESTIMENTO INTERIOR	PAREDES	Argamassa Cimentícia		
	PAVIMENTO	Argamassa Cimentícia		

Figura 37 - Secção informativa das células do reservatório.

Esta secção contém toda a informação disponível respeitante às células do reservatório, tal como pode ser visto na figura 37. De uma forma geral optou-se por chamar célula 1 àquela que, de frente para a entrada no reservatório, se encontra do lado esquerdo, e célula 2 àquela que se encontra do lado direito.

As características referentes ao número de células, forma e material construtivo foram identificadas, numa primeira fase, recorrendo a fotografias do reservatório.

Os valores das cotas, dimensões e consequentemente, capacidades, foram obtidos nos desenhos em AutoCAD cedidos pela empresa.

O revestimento interior foi, de todas as particularidades, a mais difícil de identificar visto que, após algum tempo de utilização, se torna muito difícil fazer o reconhecimento do mesmo. Além do facto de muitos dos revestimentos apresentarem um aspeto parecido, este muda significativamente ao longo do tempo. Assim sendo, foi necessário obter essa

informação junto dos responsáveis pela colocação do revestimento em cada um dos reservatórios. Em todo o caso, nos mais antigos, houve ainda a necessidade de consultar o arquivo da obra.

### 3. Historial de intervenções

HISTORIAL DE INTERVENÇÕES					
2011	CÉLULA 1	AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS CÉLULAS DO RESERVATÓRIO (de 1 a 5) 1 - Muito Bom 5 - Muito Mau	PAREDES (35%)	2	2
			PILARES/SEPTOS/JUNTAS (15%)	2	
			PAVIMENTO (35%)	2	
			TETOS E VIGAS (15%)	2	
		ANOMALIAS ENCONTRADAS	-		
	INTERVENÇÕES	27/Dezembro - Higienização do Reservatório pela AdDP.			
	CÉLULA 2	AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS CÉLULAS DO RESERVATÓRIO (de 1 a 5) 1 - Muito Bom 5 - Muito Mau	PAREDES (35%)	2	2
			PILARES/SEPTOS/JUNTAS (15%)	2	
			PAVIMENTO (35%)	2	
			TETOS E VIGAS (15%)	2	
ANOMALIAS ENCONTRADAS		-			
INTERVENÇÕES	28/Dezembro - Higienização do Reservatório pela AdDP.				
2014	CÉLULA 1	AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS CÉLULAS DO RESERVATÓRIO (de 1 a 5) 1 - Muito Bom 5 - Muito Mau	PAREDES (35%)	3	4
			PILARES/SEPTOS/JUNTAS (15%)	3	
			PAVIMENTO (35%)	5	
			TETOS E VIGAS (15%)	3	
		ANOMALIAS ENCONTRADAS	O pavimento encontra-se muito degradado.		
	INTERVENÇÕES	13-25/Março - Higienização do Reservatório pela AdDP.			
	CÉLULA 2	AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS CÉLULAS DO RESERVATÓRIO (de 1 a 5) 1 - Muito Bom 5 - Muito Mau	PAREDES (35%)	3	4
			PILARES/SEPTOS/JUNTAS (15%)	3	
			PAVIMENTO (35%)	5	
			TETOS E VIGAS (15%)	3	
ANOMALIAS ENCONTRADAS		O pavimento encontra-se muito degradado.			
INTERVENÇÕES	-				

Figura 38 – Secção relativa ao historial de intervenções do reservatório.



Nesta secção devem constar todas as intervenções realizadas nas células dos reservatórios, sejam elas obras de reabilitação ou lavagens, bem como a avaliação do estado de conservação dos reservatórios.

Aquando da lavagem dos reservatórios é realizada a avaliação do estado de conservação das suas células e feito o registo das anomalias encontradas.

O preenchimento desta secção obrigou a um trabalho de pesquisa aprofundado, conjugado com a realização de visitas aos reservatórios, estudo dos arquivos das obras e informações fornecidas por antigos responsáveis desta área.

Os critérios da avaliação do estado de conservação dos reservatórios estão detalhados no quadro 15, no tópico de Análise de Riscos Qualitativa Aplicada aos Reservatórios da AdDP.

#### 4. Estação elevatória

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA					
Nº BOMBAS	Hman EFETIVA (m.c.a)	Hman DA CURVA DA BOMBA (m.c.a)	POTÊNCIA INSTALADA (kW)	CAUDAL INSTALADO (m3/h)	COTA EIXO (m)
2+1	78	70	945	2448	147,10
Grupo bb bipartida Efacec/Weir 315 kW					

Figura 39 – Secção da informação referente à estação elevatória.

Esta secção destina-se a conter a informação genérica relativa ao funcionamento dos grupos eletrobomba da estação elevatória (caso exista).

## 5. Coordenadas


COORDENADAS				
COORDENADAS WGS84	GPS	Lat: 41,06808163	Long: -8,51272875	
LIMITES DO TERRENO	PONTO1	M = - 32002,11 m	P = 155528,68 m	
	PONTO2	M = - 31864,03 m	P = 155400,81 m	
	PONTO3	M = - 31821,51 m	P = 155471,90 m	
	PONTO4	M = - 31913,53 m	P = 155606,32 m	
LIMITES DO RESERVATÓRIO	PONTO1	M = - 31970,77 m	P = 155529,81 m	
	PONTO2	M = - 31906,03 m	P = 155440,45 m	
	PONTO3	M = - 31857,16 m	P = 155475,86 m	
	PONTO4	M = - 31921,90 m	P = 155565,22 m	

Figura 40 – Secção relativa às coordenadas.

Esta secção destina-se a conter as coordenadas de localização e delimitação do reservatório e do terreno envolvente. As coordenadas cartográficas (M e P) foram obtidas a partir dos desenhos em AutoCAD fornecidos pela AdDP e as coordenadas geodésicas WGS84, retiradas de um documento que a empresa já detinha.

## 6. Última atualização

ÚLTIMA ATUALIZAÇÃO
Abril de 2014

Figura 41 – Secção para registo da última atualização no documento.

Esta secção está destinada ao registo da última atualização do documento.

## 4.2. Acompanhamento de problemas e intervenções nos reservatórios da AdDP

Depois de realizadas as lavagens dos reservatórios, fase em que foram detetados os problemas existentes dentro dos mesmos, selecionaram-se aqueles que seriam intervencionados.

Os reservatórios escolhidos foram: Lagoa, Ramalde, Abelheira, Tanque de Recirculação da ETA de Lever e outro pequeno reservatório pertencente à Estação de Cloragem de

Compostela (embora os dois últimos não sejam considerados reservatórios de água potável, foram selecionados porque também precisam de reabilitação).

Embora existissem outros reservatórios a necessitar de intervenção estes foram os selecionados por se considerar a sua reparação mais urgente.

Nos pontos seguintes descrevem-se as anomalias encontradas em cada um dos reservatórios e, ainda, o procedimento utilizado no lançamento a concurso das obras de reabilitação.

#### **4.2.1. Reservatório de Lagoa**

O reservatório de Lagoa é constituído por duas células, com paredes envolventes e septos em betão armado e uma capacidade total de armazenamento de 35.000 m<sup>3</sup> (17.500 m<sup>3</sup> em cada célula).

Desde a sua construção (2001), o revestimento interior não foi alvo de qualquer reabilitação e, por isso, neste momento, o pavimento encontra-se em muito mau estado de conservação, sendo praticamente inexistente em algumas zonas (ver figura 42).

Por este motivo, afigura-se bastante importante a intervenção neste reservatório de forma a repor as boas condições no pavimento e nas paredes, uma vez que estas também se encontram no final da sua vida útil.



Figura 42 – Estado do pavimento do reservatório de Lagoa, AdDP.

#### **4.2.2. Reservatório de Ramalde**

O reservatório de Ramalde é formado por duas células, com paredes envolventes de betão armado e septos constituídos por blocos de betão, apresentando uma capacidade total de armazenamento de 20.000 m<sup>3</sup> (10.000 m<sup>3</sup> em cada célula).

A substituição do revestimento interior deste reservatório foi executada durante o ano de 2009, embora não tenha incluído a reabilitação dos septos.

Por este motivo, os septos encontram-se em muito mau estado de conservação como é possível verificar na figura 43. O seu revestimento é praticamente inexistente em algumas zonas e pode verificar-se a existência de blocos danificados e a necessitar de substituição.

Também as tubagens existentes no interior deste reservatório carecem de tratamento anticorrosivo pois apresentam vestígios de corrosão.

Na empreitada a realizar propõe-se executar um novo sistema de reabilitação interior dos referidos septos.



Figura 43 – Septos e tubagens do Reservatório de Ramalde em mau estado, AdDP.

#### **4.2.3. Reservatório de Abelheira**

O reservatório de Abelheira é uma infraestrutura formada por duas células circulares, e tem uma capacidade de armazenamento total de 2000 m<sup>3</sup> (1000 m<sup>3</sup> em cada célula). As suas paredes são constituídas por placas de betão armado pré-fabricadas que formam juntas verticais entre si (figura 44).

No exterior do reservatório é possível verem-se fugas de água que têm origem nas juntas verticais (entre as placas de betão armado) e, por isso, é urgente a execução de novas juntas neste reservatório.



Figura 44 – Juntas verticais do reservatório de Abelheira, AdDP.

#### 4.2.4. Tanque de Recirculação da ETA de Lever

O tanque de recirculação da ETA de Lever tem como função garantir a alimentação de água aos absorvedores, bem como a alimentação à rede de água de serviço para preparação de reagentes, sendo portanto um órgão vital ao funcionamento da instalação. Tem uma capacidade de 528 m<sup>3</sup>.

Este reservatório apresenta fugas de água para o exterior, através das suas juntas verticais e horizontais (ver figura 45) e, por isso, afigura-se necessária a substituição das mesmas juntas.



Figura 45 – Fuga de água proveniente do Tanque de Recirculação da ETA de Lever, AdDP.



#### 4.2.5. Reservatório Unidirecional da Estação de Cloragem de Compostela

O Reservatório Unidirecional da Estação de Cloragem de Compostela é uma infraestrutura com apenas uma célula, circular, e capacidade de armazenamento de 100 m<sup>3</sup>. Funciona como proteção ao choque hidráulico da conduta elevatória da ETA de Lever para o reservatório de Jovim.

As paredes deste reservatório não têm qualquer revestimento interior e, como consequência disso, é visível, na figura 8, a oxidação das armaduras. Além disso, as tubagens existentes no reservatório apresentam elevado grau de corrosão e foi detetada a existência de fissuras e juntas em mau estado (ver figura 46).

Assim sendo, será necessário colocar revestimento impermeabilizante nas paredes e pavimento, aplicar uma argamassa no teto para proteção de armaduras e ainda, o tratamento de armaduras, juntas e fissuras.

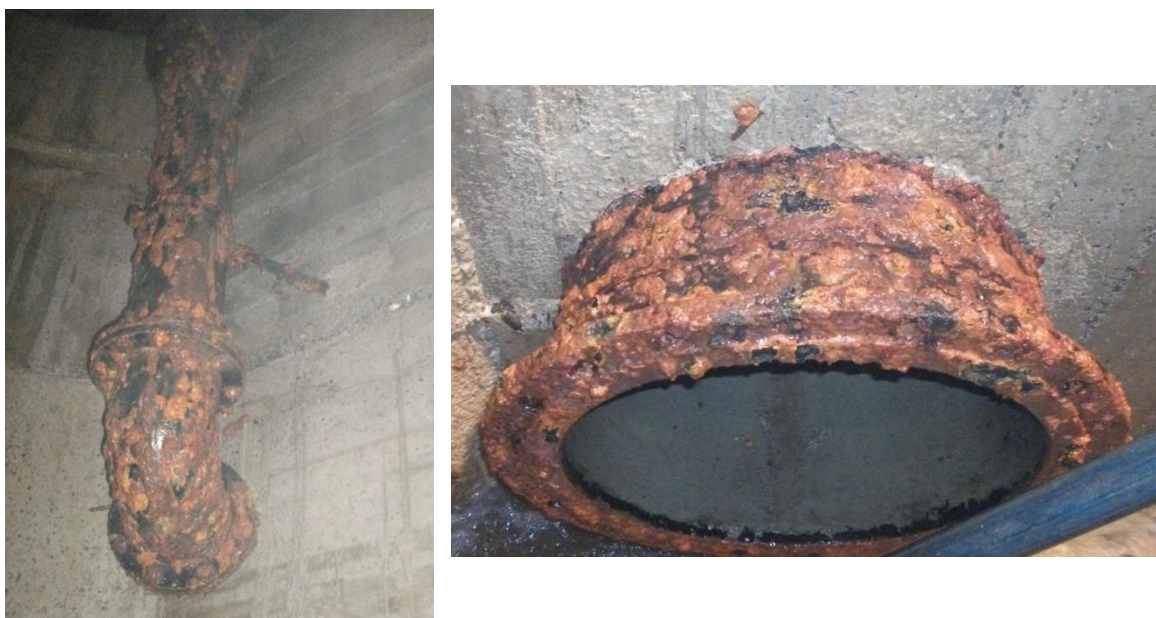


Figura 46 – Tubagens do reservatório Unidirecional da Estação de Cloragem de Compostela cobertos de ferrugem, AdDP.

### 4.3. Procedimento do Lançamento da Obra a Concurso

Serão lançados dois concursos para duas empreitadas distintas que se intitulam: “Reabilitação do Revestimento Interior dos Reservatórios de Ramalde, Abelheira, Compostela e do Tanque de Recirculação da ETA de Lever e Obras de Fornecimento e Montagens Mecânicas Acessórias” lançada em Julho e para ser executada entre Setembro e Novembro de 2014, e ainda, “Reabilitação do Revestimento Interior do Reservatório de Lagoa” para ser lançada no final de 2014 e executada em 2015.

O processo de lançamento a concurso de uma determinada obra inclui a elaboração de peças desenhadas (desenhos relativos à infraestrutura que será reabilitada) e peças escritas (medições, orçamento, caderno de encargos, convite e contrato).

De seguida descrevem-se as peças escritas constituintes do concurso:

#### 1. Medições (Mapa de Trabalhos)

Elaborar o mapa de trabalhos da obra é o primeiro passo. Neste documento definem-se todas as intervenções a executar no interior dos reservatórios e determinam-se as respetivas quantidades.

Os mapas de trabalhos referentes às duas empreitadas podem ser consultados no anexo XIII deste relatório.

#### 2. Orçamento

Depois de terminado o mapa de trabalhos é feito o orçamento. Os valores dos preços unitários apresentados foram baseados nos preços propostos em obras anteriores semelhantes, com alguma margem de erro por excesso. Ao multiplicar os preços unitários pelas quantidades determinadas, obtêm-se os preços totais de cada tarefa, e, pela sua soma, o preço global da obra.



### 3. Caderno de Encargos

O caderno de encargos é o documento que descreve de uma forma precisa todos os elementos que o empreiteiro necessita para executar a obra e que estipula uma série de termos que este deve cumprir durante a empreitada. No caso da AdDP, o caderno de encargos está dividido em duas partes: cláusulas gerais e cláusulas técnicas.

### 4. Convite

Como o nome indica, é um documento que é enviado às empresas previamente selecionadas para a execução da obra pela empresa contratante, convidando as empresas a enviarem uma proposta de execução da obra em questão. Após receberem este convite as empresas elaboram a sua proposta e enviam-na para a AdDP.

### 5. Contrato

O contrato de execução da empreitada será assinado pela AdDP e pela empresa que ganhar o concurso depois de analisadas as propostas. Pelo critério utilizado para a seleção da empresa, a escolhida será a que conseguir apresentar a proposta com o preço mais baixo.

## **4.4. Acompanhamento da Fase de Obra**

### **4.4.1. Obras de Reabilitação no Interior de Reservatórios de Água Potável**

No período de estágio decorreram as lavagens dos reservatórios do subsistema Lever Sul. As lavagens dos reservatórios dos subsistemas Lever Norte, Vale do Sousa e Baixo Tâmega Ovil foram realizadas no final de 2013.

É durante a lavagem que se identificam os problemas existentes dentro dos reservatórios, uma vez que é o único momento em que este se encontra vazio, tornando possível a visita ao seu interior. Depois de todos os reservatórios terem sido lavados, procede-se à seleção

daqueles que precisam de uma intervenção mais urgente, uma vez que, para cada ano, a AdDP possui uma verba no seu orçamento, para a reabilitação de reservatórios.

Com os reservatórios selecionados, o procedimento seguinte passa pela elaboração de todas as peças necessárias para levar as obras a concurso. Contudo, como não é possível efetuar intervenções nos reservatórios nos meses mais quentes, devido à necessidade de existência de reservas de água para os períodos mais críticos de consumo, as obras em causa só podem ter início a partir dos meses setembro/outubro.

Por este motivo, não foi possível acompanhar uma obra de reabilitação de um reservatório uma vez que não existiu nenhuma no período de duração do estágio.

#### **4.4.2. Obra de Abastecimento de Água a Amarante**

Embora não tenha sido possível presenciar a reabilitação interior de um reservatório, surgiu a oportunidade de acompanhar uma grande parte da fase de obra do alargamento do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água da AdDP ao concelho de Amarante, com início a 27 de janeiro de 2014 e final previsto para 22 de novembro de 2014.

Com esta obra, a AdDP tem como objetivo, abastecer mais 5000 pessoas residentes nas freguesias de Aboadela, Ansiães, Bustelo, Candemil, Gondar, Sanche e Várzea do concelho de Amarante, até ao final de 2014.

Para este efeito, foram construídas duas Estações Elevatórias (cada uma com um pequeno reservatório), e 10,5 km de condutas adutoras com diâmetros compreendidos entre 125 mm e 150 mm, para a concretização do sistema de abastecimento de água “em alta”.

Com esta experiência foi possível acompanhar a evolução da obra na colocação de conduta e construção das estações elevatórias e estar presente nas reuniões de obra. A primeira

reunião aconteceu no dia 27 de Janeiro de 2013, e repetiu-se, desde então, geralmente às quartas-feiras, com a presença dos representantes das várias partes intervenientes: dono de obra, empreiteiro e fiscalização. Desta forma foi possível conhecer melhor os papéis do dono de obra, do empreiteiro e do importante trabalho da fiscalização, que tem a obrigação de garantir que o empreiteiro executa a obra de acordo com o projeto, garantindo o cumprimento dos interesses do dono de obra e evitando o surgimento de erros e de atrasos no prazo de execução.

Foi, ainda, possível presenciar alguns dos problemas mais frequentes em obra, como por exemplo: dificuldades na expropriação de terrenos, o atraso por parte dos fornecedores na entrega de materiais e surgimento de trabalhos que não estavam previstos no projeto que contribuem para o atraso e aumento do preço global da obra.

De seguida apresenta-se uma seleção de algumas das fotografias mais representativas desta obra (figura 47 à 57):



Figura 47 – Estação Elevatória do Avelal.



Figura 48 – Estação Elevatória de Sete Casas.



Figura 49 – Remoção da camada de betuminoso na zona da vala (Troço Avelal – Bustelo).



Figura 50 – Escavação da vala (Troço Sete Casas – Avelal)



Figura 51 – Colocação de conduta (Troço Sete Casas – Avelal)





Figura 52 – Colocação da banda sinalizadora sobre a conduta (Escavações futuras a ocorrer na mesma zona, alerta para a existência de tubos a pouca profundidade) (Troço Avelal – Bustelo).



Figura 53 – Compactação da vala (Troço Avelal – Bustelo)



Figura 54 – Ensaio de compactação (Troço Avelal – Bustelo).



Figura 55 – Caixa de visita (Troço Sete Casas – Avelal).



Figura 56 – Pavimentação provisória da vala (Troço Sete Casas – Avelal).



Figura 57 – Fresagem do pavimento betuminoso para colocação de nova camada (Troço Sete Casas – Avelal).



#### 4.5. A Análise de Riscos Qualitativa Aplicada aos Reservatórios da AdDP

Até este momento, a AdDP não possuía critérios previamente definidos para a seleção dos reservatórios a intervir e, por isso, as escolhas eram feitas à base da opinião de pessoas com elevada experiência e conhecimento pelas infraestruturas da empresa. Contudo, para maior uniformização, sistematização de critérios e facilidade de análise, ajudando a prever situações futuras, procurou-se agora, definir um outro procedimento que era já utilizado noutras empresas do grupo Águas de Portugal recorrendo à metodologia da Análise de Risco.

A metodologia da análise de riscos qualitativa foi, no decorrer deste estágio, aplicada aos reservatórios da AdDP, em fase de exploração, sendo o objetivo principal, possibilitar uma gestão correta do estado de conservação destas infraestruturas, determinando de que forma devem ser realizadas as intervenções de reabilitação: prever quando e onde será mais urgente atuar.

Como base para este trabalho, foi utilizado o quadro desenvolvido pela EPAL (Figura 58), de forma a definir os parâmetros a ter em conta na análise de risco. Contudo, para adaptar este estudo à realidade da AdDP, alguns dos parâmetros que constavam nesse quadro foram retirados ou reavaliados, e outros que não existiam, foram acrescentados.

OBJETIVO	MÉTRICA	INDICADOR	PESO (%)	CRITÉRIO	VALOR
Probabilidade (Condição)	Inspeção	Estado de conservação geral da estrutura	0,80 (0,70)	Muito Bom	1
				Bom	2
				Razoável	3
				Mau	4
				Muito Mau	5
	Estanqueidade	% Perdas [(m <sup>3</sup> /dia)/m <sup>3</sup> ]	0,00 (0,10)	$p \leq 1\%$	1
				$1\% < p \leq 2\%$	2
				$2\% < p \leq 3\%$	3
				$3\% < p \leq 4\%$	4
				$p \geq 4\%$	5
	Segurança	Vulnerabilidade de acesso (órgãos de manobra/água)	0,20	Acesso difícil	1
				Acesso limitado	3
				Acesso fácil	5
Consequência (Criticidade)	Concepção	Tipo de implantação	0,05	Enterrado	1
				Semi-enterrado	2
				Apoiado	4
				Elevado	5
		N.º Células	0,15	$\geq 2$	1
	Relevância	Importância Estratégica	0,50	1	5
				Pouco Importante	1
				Importante	2
				Muito Importante	4
	Capacidade	Capacidade de armazenamento (m <sup>3</sup> )	0,30	Imprescindível	5
				$V \leq 5.000$	1
				$5.000 < V \leq 10.000$	2
				$10.000 < V \leq 20.000$	3
				$20.000 < V \leq 50.000$	4
				$V > 50.000$	5

Figura 58 – Quadro de critérios para elaboração da matriz de risco da EPAL. (EPAL, 2013)

Por exemplo, a EPAL considerou para a probabilidade de ocorrência os parâmetros: inspeção, estanqueidade e segurança. E para a consequência considerou: concepção, relevância e capacidade.

Porém, a AdDP, não considerou relevantes os parâmetros de segurança (probabilidade), nem de concepção (consequência).

Em relação à segurança considerou-se que os reservatórios da AdDP têm bons acessos aos seus órgãos de manobra no interior das instalações. Por outro lado, estes equipamentos são controlados/manobrados a partir das salas de comando das ETA, bem como a leitura online dos níveis das células, através do sistema de telegestão, que abrange toda a rede de adução. Por estes motivos não se considerou a segurança como um parâmetro relevante.

No que toca à conceção, uma vez que a AdDP não possui reservatórios elevados e, entre os demais tipos de implantação, não se considera existirem muitas diferenças a contribuir para a degradação do reservatório, considera-se, também, não ser relevante.

O número de células, também não foi considerado, uma vez que grande parte dos reservatórios da AdDP tem duas células, e, aqueles que apenas possuem uma célula (St. Eulália, que de momento está fora de serviço, e Felgueiras) têm pouca importância para armazenamento de água, podendo a água ser direcionada por “by-pass”, sem ter de passar pelo reservatório.

Por outro lado, a AdDP considera, ainda, importantes outros parâmetros que colocou na sua matriz: a qualidade da água e o tempo decorrido desde a última intervenção no reservatório (probabilidade), bem como o tráfego de água diário (consequência). A relevância destes parâmetros é descrita nos pontos seguintes.

Desta forma, elaborou-se o quadro 13, destinado à execução da matriz de risco dos reservatórios da AdDP. Os pesos atribuídos aos parâmetros variam numa escala de 0 a 100 (em percentagem) e as avaliações de 1 a 5. Nos pontos seguintes são apresentados os principais critérios seguidos para cada um dos tópicos de avaliação.

OBJETIVO	CRITÉRIO	INDICADOR	PESO %	AVALIAÇÃO GERAL	
PROBABILIDADE (Condição)	Inspeção	Estado de conservação da infraestrutura	0,50 (0,80)	Muito Bom	1
				Bom	2
				Razoável	3
				Mau	4
				Muito Mau	5
	Estanquidade	% Perdas (m <sup>3</sup> /dia)/m <sup>3</sup>	0,30 (0,0)	$p \leq 1\%$	1
				$1\% < p \leq 2\%$	2
				$2\% < p \leq 3\%$	3
				$3\% < p \leq 4\%$	4
				$p > 4\%$	5
	Última Intervenção	Anos	0,10	$A \leq 5$	1
				$5 < A \leq 10$	3
				$A > 10$	5
	Qualidade da água	Agressividade do meio	0,10	Pouco Agressivo	1
				Agressivo	3
				Muito Agressivo	5
CONSEQUÊNCIA (Criticidade)	Capacidade	Volume (m <sup>3</sup> )	0,30	$V \leq 1000$	1
				$1000 < V \leq 4000$	2
				$4000 < V \leq 9000$	3
				$9000 < V \leq 20000$	4
				$V > 20000$	5
	Relevância	Importância Estratégica	0,40	Pouco Importante	1
				Importante	3
				Muito Importante	5
	Tráfego	Caudal Diário (m <sup>3</sup> /dia)/m <sup>3</sup>	0,30	$Q_d \leq 3$	1
				$3 < Q_d \leq 6$	2
				$6 < Q_d \leq 9$	4
				$Q_d > 9$	5

Quadro 13 – Quadro de critérios para elaboração da matriz de risco da AdDP.

#### 4.5.1. Inspeção

A inspeção dos reservatórios destina-se a avaliar o estado de conservação dos mesmos, sendo por isso, um fator determinante para a decisão de intervir num reservatório. Em primeiro lugar é feita uma avaliação dividida pelas seguintes zonas: “paredes”, “pilares/septos/juntas”, “tetos/vigas” e “pavimento”, caracterizadas pelas seguintes percentagens de importância:

Estado de conservação	
Zona	Importância
Paredes	35%
Septos/Pilares/Juntas	15%
Tetos/Vigas	15%
Pavimento	35%

Quadro 14 – Percentagens de importância das zonas dos reservatórios.

As paredes e o pavimento têm uma maior importância face às outras componentes dos reservatórios, relativamente ao estado de conservação, pois são os mais expostos e os de maior área. Além disso, a maior parte dos reservatórios da AdDP, não possui septos, ou estes representam uma área pouco relevante do reservatório. Desta forma, optou-se por juntar os septos com os pilares e com as juntas, visto serem zonas menos críticas.

No final, é atribuída uma nota geral ao reservatório, efetuando o seguinte cálculo:

$$Avaliação\ Geral = P \times 0,35 + SPJ \times 0,15 + TV \times 0,15 + Pav \times 0,35$$

A este parâmetro atribuiu-se um peso de 50 % quando se verifica que existem perdas de água. Por outro lado, se estas não se verificarem, o valor passa para 80 %.

Multiplicando o peso pela avaliação geral atribuída ao reservatório, obtém-se a classificação para o tópico de inspeção no quadro geral de caracterização da probabilidade associada ao risco de degradação do interior do reservatório.

No quadro 15 são apresentados os critérios considerados para a avaliação do estado de conservação dos diferentes componentes dos reservatórios, tomando por base critérios idênticos definidos por outras empresas do grupo Águas de Portugal.

No quadro 16 encontram-se registadas as avaliações efetuadas aos componentes do reservatório, enquanto no quadro 17 é apresentada a nota geral da avaliação fornecida aos reservatórios e o respetivo peso deste parâmetro para o cálculo da parcela afeta à probabilidade do risco de degradação do revestimento interior dos reservatórios.

Pelos resultados obtidos no quadro 17, pode-se concluir que os reservatórios que apresentam pior estado de conservação (avaliação geral superior ou igual a 3) são: reservatório de Jovim, reservatório de Lagoa, reservatório de Abelheira, reservatório da ETA castelo de Paiva, reservatório da ETA de Pousada-Gôve e reservatório de Amarelhe. Estes reservatórios deverão aparecer na zona superior da matriz.

Como já foi referido neste relatório, estão previstas intervenções nos reservatórios de Abelheira e Lagoa, em 2014 e 2015 respetivamente, e prevê-se que os restantes possam vir a ser intervencionados num futuro próximo.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO D ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO RESERVATÓRIO	
<p><b>Nota 1</b> <b>(Muito Bom)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Componente em boas condições físicas, estruturais e funcionais;</li> <li>▪ Componente com elevada probabilidade de manutenção das atuais condições a longo prazo;</li> <li>▪ Alguns defeitos sem importância no comportamento e durabilidade do componente;</li> <li>▪ Não é necessário efetuar qualquer reparação;</li> <li>▪ Requer apenas manutenção corrente.</li> </ul>
<p><b>Nota 2</b> <b>(Bom)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Componente em aceitáveis condições físicas, estruturais e funcionais;</li> <li>▪ Componente com elevada probabilidade de manutenção das atuais condições a médio prazo;</li> <li>▪ Pequenos defeitos que não afetam de forma significativa a durabilidade global da estrutura;</li> <li>▪ Requer apenas manutenção corrente ou intervenções pequenas e localizadas;</li> <li>▪ Intervenções não prioritárias.</li> </ul>
<p><b>Nota 3</b> <b>(Razoável)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Componente evidenciando alguma deterioração relevante e durabilidade afetada;</li> <li>▪ Nível de serviço mantém-se razoável a curto prazo;</li> <li>▪ Componente com elevada probabilidade de queda do nível de serviço a médio prazo;</li> <li>▪ Necessidade de reparar/substituir algum(ns) componente(s) a médio prazo;</li> <li>▪ Intervenção a médio prazo (3 a 5 anos).</li> </ul>
<p><b>Nota 4</b> <b>(Mau)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Componente com deterioração do nível de serviço a curto prazo (1-2 anos);</li> <li>▪ Componente defeituoso com influência no comportamento e durabilidade da estrutura;</li> <li>▪ Ausência de risco imediato ao nível da segurança;</li> <li>▪ Intervenção a curto prazo para repor os níveis de serviço;</li> <li>▪ Pode ser especificada a necessidade de reparar/substituir componentes ou a elaboração de Projeto;</li> <li>▪ Intervenção a curto prazo (1 a 2 anos).</li> </ul>
<p><b>Nota 5</b> <b>(Muito Mau)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Componente com um grau deterioração muito elevada;</li> <li>▪ Necessidade de reparar/substituir imediatamente a maioria dos componentes;</li> <li>▪ Risco elevado quer ao nível da segurança dos utilizadores, quer da operacionalidade;</li> <li>▪ Trabalhos de reparação/substituição necessários urgentemente;</li> <li>▪ Intervenção imediata.</li> </ul>

Quadro 15 - Critérios de avaliação do estado de conservação dos reservatórios (baseado em EPAL & Águas do Algarve, 2013).

RESERVATÓRIO		AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO			
Código	Nome	Paredes (35%)	Tetos/Vigas (15%)	Pilares/Septos /Juntas (15%)	Pavimento (35%)
6130	Eta de Lever - RAT	1	1	1	1
	Eta de Lever - RAF	1	1	1	1
6280	Reservatório de Jovim	2	3	2	3
6290	Reservatório de Ramalde	2	2	4	2
6291	Reservatório de Pedrouços	2	2	2	2
6292	Reservatório de Monte Pedro	3	2	2	3
6380	Reservatório de Lagoa	3	3	3	5
6381	Reservatório de Seixo Alvo	1	1	1	1
6382	Reservatório de Mozelos	1	1	1	1
6383	Reservatório de S. João de Ver	1	1	1	1
6384	Reservatório de Milheirós de Poiares	1	2	1	2
6385	Reservatório de S. Vicente - Louredo	1	2	1	3
6386	Reservatório de Escariz	2	2	2	2
6387	Reservatório de Arrifana	3	2	3	5
6390	Reservatório de Alto do Marquinho	2	2	2	2
6391	Reservatório de Souto Redondo	2	2	2	2
6393	Reservatório da Abelheira	2	2	5	2
6394	Reservatório de Provizende	2	2	2	2
6395	Reservatório de Ramil - Argoncilhe	1	1	1	1
6397	Reservatório de Vila Nova	2	2	2	2
6398	Reservatório de Souto Redondo (Arouca)	1	1	1	1
7130	ETA de Castelo de Paiva	3	3	3	3
7131	ETA do Ferreira	2	3	2	2
7180	Reservatório de Cunha	2	2	2	3
7190	Câmara de Carga de Visalto	2	2	2	2
7191	Reservatório de Castro Daire	2	2	2	2
7282	Reservatório de Quinta do Tapado	3	2	2	3
7291	Reservatório de Duas Igrejas	3	2	3	3
7330	ETA do Ferro	2	2	2	3
7380	Reservatório de Pombeiro de Ribavizela	2	2	2	2
7381	Reservatório de Sta. Eulália	2	2	2	2
7390	Reservatório de Felgueiras	2	2	2	2
7480	Reservatório de Figueiró	2	2	2	2
8130	ETA de Pousada-Gôve	4	4	4	4
8190	Reservatório de Amarelhe	3	4	4	4

Quadro 16 – Avaliação do Estado de Conservação dos Reservatórios.



RESERVATÓRIO		INSPEÇÃO	
Código	Nome	Peso (%)	Avaliação Geral
6130	Eta de Lever - RAT	0,80	1
	Eta de Lever - RAF	0,80	1
6280	Reservatório de Jovim	0,80	3
6290	Reservatório de Ramalde	0,80	2
6291	Reservatório de Pedrouços	0,80	2
6292	Reservatório de Monte Pedro	0,80	3
6380	Reservatório de Lagoa	0,80	4
6381	Reservatório de Seixo Alvo	0,80	1
6382	Reservatório de Mozelos	0,80	1
6383	Reservatório de S. João de Ver	0,80	1
6384	Reservatório de Milheirós de Poiães	0,80	2
6385	Reservatório de S. Vicente - Louredo	0,80	2
6386	Reservatório de Escariz	0,80	2
6387	Reservatório de Arrifana	0,80	4
6390	Reservatório de Alto do Marquinho	0,80	2
6391	Reservatório de Souto Redondo	0,80	2
6393	Reservatório da Abelheira	0,50	2
6394	Reservatório de Provizende	0,80	2
6395	Reservatório de Ramil - Argoncilhe	0,80	1
6397	Reservatório de Vila Nova	0,80	2
6398	Reservatório de Souto Redondo (Arouca)	0,80	1
7130	ETA de Castelo de Paiva	0,80	3
7131	ETA do Ferreira	0,80	2
7180	Reservatório de Cunha	0,80	2
7190	Câmara de Carga de Visalto	0,80	2
7191	Reservatório de Castro Daire	0,80	2
7282	Reservatório de Quinta do Tapado	0,80	3
7291	Reservatório de Duas Igrejas	0,80	3
7330	ETA do Ferro	0,80	2
7380	Reservatório de Pombeiro de Ribavizela	0,80	2
7381	Reservatório de Sta. Eulália	0,80	2
7390	Reservatório de Felgueiras	0,80	2
7480	Reservatório de Figueiró	0,80	2
8130	ETA de Pousada-Gôve	0,80	4
8190	Reservatório de Amarelhe	0,80	4

Quadro 17 – Avaliação do parâmetro Inspeção.

#### 4.5.2. Estanquidade

Considera-se importante atribuir à estanquidade um peso mais elevado (dos 10 % apresentados pela EPAL elevou-se o seu peso relativo para 30 %) visto ocorrer com alguma frequência e ser muito importante o seu controlo por representarem custos económicos relevantes. Se não existirem perdas, o peso será de 0%.

Numa primeira análise aos reservatórios da AdDP, visto não existirem informações acerca das perdas de água, exceto no reservatório da Abelheira, foi atribuído a este tópico, nesse reservatório, o peso de 30% e aos restantes, 0%.

Em todo o caso, salienta-se que, no futuro, deverão ser realizados ensaios de forma a detetar as fugas de água. Uma hipótese será deixar o reservatório cheio durante um dia, sem haver saída ou entrada de água, verificando a altura de água no início e no fim do dia, determinando, assim, também, a parcela (%) correspondente a perdas, caso as haja.

O reservatório da abelheira apresenta uma percentagem de perdas igual a 5% da sua capacidade e por isso, de acordo com o quadro 18 foi-lhe atribuída nota 5.

RESERVATÓRIO		ESTANQUIDADE		
Código	Nome	Peso (%)	Perdas (%)	Avaliação Geral
6130	Eta de Lever - RAT	0,0	0,0	1
	Eta de Lever - RAF	0,0	0,0	1
6280	Reservatório de Jovim	0,0	0,0	1
6290	Reservatório de Ramalde	0,0	0,0	1
6291	Reservatório de Pedrouços	0,0	0,0	1
6292	Reservatório de Monte Pedro	0,0	0,0	1
6380	Reservatório de Lagoa	0,0	0,0	1
6381	Reservatório de Seixo Alvo	0,0	0,0	1
6382	Reservatório de Mozelos	0,0	0,0	1
6383	Reservatório de S. João de Ver	0,0	0,0	1
6384	Reservatório de Milheirós de Poiares	0,0	0,0	1
6385	Reservatório de S. Vicente - Louredo	0,0	0,0	1
6386	Reservatório de Escariz	0,0	0,0	1
6387	Reservatório de Arrifana	0,0	0,0	1
6390	Reservatório de Alto do Marquinho	0,0	0,0	1
6391	Reservatório de Souto Redondo	0,0	0,0	1
6393	Reservatório da Abelheira	0,3	5,0	5
6394	Reservatório de Provizende	0,0	0,0	1
6395	Reservatório de Ramil - Argoncilhe	0,0	0,0	1
6397	Reservatório de Vila Nova	0,0	0,0	1
6398	Reservatório de Souto Redondo (Arouca)	0,0	0,0	1
7130	ETA de Castelo de Paiva	0,0	0,0	1
7131	ETA do Ferreira	0,0	0,0	1
7180	Reservatório de Cunha	0,0	0,0	1
7190	Câmara de Carga de Visalto	0,0	0,0	1
7191	Reservatório de Castro Daire	0,0	0,0	1
7282	Reservatório de Quinta do Tapado	0,0	0,0	1
7291	Reservatório de Duas Igrejas	0,0	0,0	1
7330	ETA do Ferro	0,0	0,0	1
7380	Reservatório de Pombeiro de Ribavizela	0,0	0,0	1
7381	Reservatório de Sta. Eulália	0,0	0,0	1
7390	Reservatório de Felgueiras	0,0	0,0	1
7480	Reservatório de Figueiró	0,0	0,0	1
8130	ETA de Pousada-Gôve	0,0	0,0	1
8190	Reservatório de Amarelhe	0,0	0,0	1

Quadro 18 – Avaliação do parâmetro Estanqueidade.

#### 4.5.3. Última Intervenção

A data da última grande intervenção num reservatório (além de outros reparos pontuais, a colocação de novo revestimento interior em todas as superfícies) é importante para a caracterização do seu estado de conservação. Pode-se considerar que, a partir dos 10 anos, o revestimento interior já estará próximo do fim da sua vida útil. Embora possa continuar com bom aspeto ao fim deste tempo, não será espectável que dure muito mais.

Pelo quadro 19 pode-se verificar que os reservatórios que foram reabilitados há mais tempo (mais de 10 anos), ou que ainda não foram reabilitados desde a sua construção (também há mais de 10 anos) são: reservatório de Lagoa, reservatório de Abelheira, reservatório de Cunha, Câmara de Carga de Visalto, reservatório de Castro Daire, reservatório da ETA do Ferro, reservatório de Pombeiro de Ribavizela e reservatório de Santa Eulália.

A este parâmetro atribuiu-se o peso de 10%.

RESERVATÓRIO		Última Intervenção		
Código	Nome	Peso (%)	Última Interv. (anos)	Avaliação Geral
6130	Eta de Lever – RAT	0,10	1	1
	Eta de Lever – RAF	0,10	1	1
6280	Reservatório de Jovim	0,10	4	1
6290	Reservatório de Ramalde	0,10	4	1
6291	Reservatório de Pedrouços	0,10	4	1
6292	Reservatório de Monte Pedro	0,10	2	1
6380	Reservatório de Lagoa	0,10	13	5
6381	Reservatório de Seixo Alvo	0,10	3	1
6382	Reservatório de Mozelos	0,10	1	1
6383	Reservatório de S. João de Ver	0,10	1	1
6384	Reservatório de Milheirós de Poiares	0,10	1	1
6385	Reservatório de S. Vicente - Louredo	0,10	1	1
6386	Reservatório de Escariz	0,10	2	1
6387	Reservatório de Arrifana	0,10	6	3
6390	Reservatório de Alto do Marquinho	0,10	4	1
6391	Reservatório de Souto Redondo	0,10	3	1
6393	Reservatório da Abelheira	0,10	13	5
6394	Reservatório de Provizende	0,10	10	3
6395	Reservatório de Ramil - Argoncilhe	0,10	2	1
6397	Reservatório de Vila Nova	0,10	6	3
6398	Reservatório de Souto Redondo (Arouca)	0,10	1	1
7130	ETA de Castelo de Paiva	0,10	7	3
7131	ETA do Ferreira	0,10	10	3
7180	Reservatório de Cunha	0,10	14	5
7190	Câmara de Carga de Visalto	0,10	12	5
7191	Reservatório de Castro Daire	0,10	11	5
7282	Reservatório de Quinta do Tapado	0,10	10	3
7291	Reservatório de Duas Igrejas	0,10	6	3
7330	ETA do Ferro	0,10	12	5
7380	Reservatório de Pombeiro de Ribavizela	0,10	11	5
7381	Reservatório de Sta. Eulália	0,10	11	5
7390	Reservatório de Felgueiras	0,10	9	3
7480	Reservatório de Figueiró	0,10	3	1
8130	ETA de Pousada-Gôve	0,10	2	1
8190	Reservatório de Amarelhe	0,10	2	1

Quadro 19 – Avaliação do parâmetro Última Intervenção.

#### 4.5.4. Qualidade da água

A qualidade da água é um parâmetro que deve ser considerado visto que o seu grau de agressividade é determinante para o tempo de degradação dos reservatórios, nomeadamente, no que diz respeito ao revestimento interior e aos elementos metálicos. Os reservatórios que contenham águas mais agressivas, tendem a acusar níveis de degradação maior em menos tempo. A este fator atribuiu-se um peso de 10 %.

As águas são mais agressivas nos reservatórios que se situam nas ETA's, ou nas estações de cloragem, e naqueles que estão mais próximos destas duas infraestruturas, uma vez que a água chega até estes reservatórios com grandes percentagens de cloro, ferro e manganês. À medida que a água se afasta das ETA's, o ferro e o manganês vão-se depositando nos reservatórios mais próximos, e o cloro vai sendo consumido. Por este motivo, nos restantes, a água já perdeu grande parte destes componentes e, por isso, é menos agressiva.

Desta forma, como é possível verificar no quadro 20, os reservatórios sujeitos a águas muito agressivas são: o reservatório de água tratada da ETA de Lever, reservatório de Jovim, reservatório de Ramalde, reservatório de Seixo Alvo, reservatório da ETA de Castelo de Paiva, reservatório da ETA de Ferreira, reservatório de Quinta do Tapado, reservatório de Duas Igrejas, reservatório da ETA do Ferro e reservatório da ETA de Pousada-Gôve.

RESERVATÓRIO		QUALIDADE DA ÁGUA		
Código	Nome	Peso (%)	Agressividade do meio	Avaliação Geral
6130	Eta de Lever - RAT	0,10	Muito Agressiva	5
	Eta de Lever - RAF	0,10	Pouco Agressiva	1
6280	Reservatório de Jovim	0,10	Muito Agressiva	5
6290	Reservatório de Ramalde	0,10	Muito Agressiva	5
6291	Reservatório de Pedrouços	0,10	Pouco Agressiva	1
6292	Reservatório de Monte Pedro	0,10	Pouco Agressiva	1
6380	Reservatório de Lagoa	0,10	Agressiva	3
6381	Reservatório de Seixo Alvo	0,10	Muito Agressiva	5
6382	Reservatório de Mozelos	0,10	Pouco Agressiva	1
6383	Reservatório de S. João de Ver	0,10	Pouco Agressiva	1
6384	Reservatório de Milheirós de Poiares	0,10	Pouco Agressiva	1
6385	Reservatório de S. Vicente - Louredo	0,10	Pouco Agressiva	1
6386	Reservatório de Escariz	0,10	Pouco Agressiva	1
6387	Reservatório de Arrifana	0,10	Pouco Agressiva	1
6390	Reservatório de Alto do Marquinho	0,10	Agressiva	3
6391	Reservatório de Souto Redondo	0,10	Pouco Agressiva	1
6393	Reservatório da Abelheira	0,10	Pouco Agressiva	1
6394	Reservatório de Provizende	0,10	Pouco Agressiva	1
6395	Reservatório de Ramil - Argoncilhe	0,10	Pouco Agressiva	1
6397	Reservatório de Vila Nova	0,10	Pouco Agressiva	1
6398	Reservatório de Souto Redondo (Arouca)	0,10	Pouco Agressiva	1
7130	ETA de Castelo de Paiva	0,10	Muito Agressiva	5
7131	ETA do Ferreira	0,10	Muito Agressiva	5
7180	Reservatório de Cunha	0,10	Agressiva	3
7190	Câmara de Carga de Visalto	0,10	Pouco Agressiva	1
7191	Reservatório de Castro Daire	0,10	Pouco Agressiva	1
7282	Reservatório de Quinta do Tapado	0,10	Muito Agressiva	5
7291	Reservatório de Duas Igrejas	0,10	Muito Agressiva	5
7330	ETA do Ferro	0,10	Muito Agressiva	5
7380	Reservatório de Pombeiro de Ribavizela	0,10	Agressiva	3
7381	Reservatório de Sta. Eulália	0,10	Pouco Agressiva	1
7390	Reservatório de Felgueiras	0,10	Pouco Agressiva	1
7480	Reservatório de Figueiró	0,10	Pouco Agressiva	1
8130	ETA de Pousada-Gôve	0,10	Muito Agressiva	5
8190	Reservatório de Amarelhe	0,10	Pouco Agressiva	1

Quadro 20 – Avaliação do parâmetro Qualidade da água.

#### 4.5.5. Capacidade

A capacidade é um fator importante, pois, dos reservatórios de grande capacidade dependem, geralmente, muitos outros, mais pequenos mas de grande relevância. Os reservatórios de grande capacidade permitem o armazenamento de reservas de grande quantidade que garantem o abastecimento de águas às populações mesmo quando o abastecimento a montante é, por algum motivo, interrompido. Assim, para caracterizar as consequências, para o sistema, da ocorrência de uma degradação destes reservatórios, atribuiu-se o peso de 30% a este parâmetro.

Pelo quadro 22 é possível confirmar que os reservatórios da AdDP de maiores dimensões (com mais de 20.000 m<sup>3</sup>) são: o reservatório de água tratada da ETA de Lever, o reservatório de Jovim e o reservatório de Lagoa.



RESERVATÓRIO		CAPACIDADE		
Código	Nome	Peso (%)	Capacidade (m <sup>3</sup> )	Avaliação Geral
6130	Eta de Lever - RAT	0,30	30000	5
	Eta de Lever - RAF	0,30	10000	4
6280	Reservatório de Jovim	0,30	32195,76	5
6290	Reservatório de Ramalde	0,30	20000	4
6291	Reservatório de Pedrouços	0,30	20000	4
6292	Reservatório de Monte Pedro	0,30	3400	2
6380	Reservatório de Lagoa	0,30	35000	5
6381	Reservatório de Seixo Alvo	0,30	6000	3
6382	Reservatório de Mozelos	0,30	5000	3
6383	Reservatório de S. João de Ver	0,30	4000	2
6384	Reservatório de Milheirós de Poiares	0,30	3350	2
6385	Reservatório de S. Vicente - Louredo	0,30	2000	2
6386	Reservatório de Escariz	0,30	200	1
6387	Reservatório de Arrifana	0,30	1732	2
6390	Reservatório de Alto do Marquinho	0,30	6000	3
6391	Reservatório de Souto Redondo	0,30	1700	2
6393	Reservatório da Abelheira	0,30	2000	2
6394	Reservatório de Provizende	0,30	400	1
6395	Reservatório de Ramil - Argoncilhe	0,30	5000	3
6397	Reservatório de Vila Nova	0,30	3350	2
6398	Reservatório de Souto Redondo (Arouca)	0,30	400	1
7130	ETA de Castelo de Paiva	0,30	5000	3
7131	ETA do Ferreira	0,30	200	1
7180	Reservatório de Cunha	0,30	1000	1
7190	Câmara de Carga de Visalto	0,30	300	1
7191	Reservatório de Castro Daire	0,30	750	1
7282	Reservatório de Quinta do Tapado	0,30	10000	4
7291	Reservatório de Duas Igrejas	0,30	5000	3
7330	ETA do Ferro	0,30	400	1
7380	Reservatório de Pombeiro de Ribavizela	0,30	600	1
7381	Reservatório de Sta. Eulália	0,30	400	1
7390	Reservatório de Felgueiras	0,30	100	1
7480	Reservatório de Figueiró	0,30	3000	2
8130	ETA de Pousada-Gôve	0,30	300	1
8190	Reservatório de Amarelhe	0,30	400	1

Quadro 21 – Avaliação do parâmetro Capacidade.

#### 4.5.6. Relevância

A relevância de um reservatório está sobretudo relacionada com a importância estratégica que ele ocupa na rede, ou seja, se existem outras alternativas ao abastecimento ou se o reservatório é indispensável. A relevância de um reservatório é tanto maior, quanto maior a população que abastece, e quanto menores as possibilidades de abastecer a população quando este estiver inoperacional.

Desta forma, segundo o quadro 23 os reservatórios mais relevantes são:

- Os reservatórios das ETA's de Lever, Castelo de Paiva e Pousada, (a ETA do Ferreira e do Ferro trabalham apenas no verão), fundamentais, uma vez que é onde é captada e tratada a água que será abastecida;
- O reservatório de Jovim, pois é o responsável por todo o abastecimento da zona norte do sistema da AdDP (subsistema Lever Norte). É de extrema importância uma vez que faz a ligação da água entre a ETA de Lever e os reservatórios que abastecem o Porto e municípios vizinhos. Para qualquer um deles, a água passa pelo reservatório de Jovim e por isso, não existe qualquer alternativa a este reservatório;
- O reservatório de Ramalde é o reservatório que se sucede ao de Jovim, que, como este, abastece uma parte da zona norte e, ainda, o vale de Sousa Norte. Este, como o anterior, é fundamental pois é único que faz ligação com os dois reservatórios que se seguem (Pedrouços e Monte Pedro) e ainda, a ligação entre o Sistema de Lever com o Vale do Sousa;
- O reservatório de Pedrouços é também muito importante por abastecer uma parte da população do Porto e os municípios da Maia e Matosinhos;

- O reservatório de Seixo Alvo é mais um reservatório fundamental na rede pois abastece toda a zona sul (Vila Nova de Gaia e municípios vizinhos). É o único que faz a ligação da ETA de Lever com os restantes reservatórios do subsistema Lever Sul;
- Os reservatórios de Quinta do Tapado e Duas Igrejas abastecem todo o Vale de Sousa Norte e Tâmega, fazendo a ligação da ETA de Castelo de Paiva, ou, do reservatório de Ramalde, com os restantes reservatórios destes subsistemas.

É um parâmetro muito importante na análise de risco e, por isso, foi-lhe atribuído um peso de 40%.

RESERVATÓRIO		Relevância		
Código	Nome	Peso (%)	Importância Estratégica	Avaliação Geral
6130	Eta de Lever - RAT	0,40	Muito Importante	5
	Eta de Lever - RAF	0,40	Muito Importante	5
6280	Reservatório de Jovim	0,40	Muito Importante	5
6290	Reservatório de Ramalde	0,40	Muito Importante	5
6291	Reservatório de Pedrouços	0,40	Muito Importante	5
6292	Reservatório de Monte Pedro	0,40	Importante	3
6380	Reservatório de Lagoa	0,40	Importante	3
6381	Reservatório de Seixo Alvo	0,40	Muito Importante	5
6382	Reservatório de Mozelos	0,40	Pouco Importante	1
6383	Reservatório de S. João de Ver	0,40	Importante	3
6384	Reservatório de Milheirós de Poiares	0,40	Importante	3
6385	Reservatório de S. Vicente - Louredo	0,40	Importante	3
6386	Reservatório de Escariz	0,40	Importante	3
6387	Reservatório de Arrifana	0,40	Pouco Importante	1
6390	Reservatório de Alto do Marquinho	0,40	Importante	3
6391	Reservatório de Souto Redondo	0,40	Importante	3
6393	Reservatório da Abelheira	0,40	Importante	3
6394	Reservatório de Provizende	0,40	Importante	3
6395	Reservatório de Ramil - Argoncilhe	0,40	Importante	3
6397	Reservatório de Vila Nova	0,40	Pouco Importante	1
6398	Reservatório de Souto Redondo (Arouca)	0,40	Pouco Importante	1
7130	ETA de Castelo de Paiva	0,40	Muito Importante	5
7131	ETA do Ferreira	0,40	Pouco Importante	1
7180	Reservatório de Cunha	0,40	Importante	3
7190	Câmara de Carga de Visalto	0,40	Pouco Importante	1
7191	Reservatório de Castro Daire	0,40	Pouco Importante	1
7282	Reservatório de Quinta do Tapado	0,40	Muito Importante	5
7291	Reservatório de Duas Igrejas	0,40	Muito Importante	5
7330	ETA do Ferro	0,40	Pouco Importante	1
7380	Reservatório de Pombeiro de Ribavizela	0,40	Pouco Importante	1
7381	Reservatório de Sta. Eulália	0,40	Pouco Importante	1
7390	Reservatório de Felgueiras	0,40	Pouco Importante	1
7480	Reservatório de Figueiró	0,40	Importante	3
8130	ETA de Pousada-Gôve	0,40	Muito Importante	5
8190	Reservatório de Amarelhe	0,40	Pouco Importante	1

Quadro 22 – Avaliação do parâmetro Relevância.

#### 4.5.7. Tráfego Diário

O tráfego diário de água dentro de um reservatório traduz os consumos existentes, relativamente à capacidade de armazenamento do mesmo. Isto implica por exemplo, que um reservatório com elevado tráfego diário, não consiga abastecer a população de forma contínua, caso ocorra algum problema na rede, a montante do reservatório. Desta forma, a reparação terá de ser feita rapidamente para impedir que o abastecimento seja cortado à população. Por outro lado, quando for necessário intervencionar uma célula, o tráfego da outra aumentará ainda mais, a velocidade do tráfego pode ainda agravar o estado de conservação do reservatório.

É por isso, um parâmetro muito importante, ao qual se atribuiu o valor de 30%.

É calculado através da razão entre o caudal diário e a capacidade do reservatório:

$$\text{Tráfego diário} = \frac{\text{Caudal diário (m}^3/\text{dia)}}{\text{Capacidade (m}^3\text{)}}$$

Através do quadro 23 é possível verificar que os reservatórios com maior tráfego diário são: o reservatório de água filtrada da ETA de Lever, o reservatório de Seixo Alvo, o reservatório de Escariz, reservatório da ETA do Ferreira, Câmara de Carga de Visalto e o reservatório de Felgueiras.

RESERVATÓRIO		TRÁFEGO DIÁRIO			
Código	Nome	Peso (%)	Caudal Diário (m3/dia)	Tráfego Diário (m3/dia)/m3	Avaliação Geral
6130	Eta de Lever - RAT	0,20	160.000	5,33	2
	Eta de Lever - RAF	0,20	160.000	16,00	5
6280	Reservatório de Jovim	0,20	180.000	5,59	2
6290	Reservatório de Ramalde	0,20	155.000	7,75	4
6291	Reservatório de Pedrouços	0,20	69.000	3,45	2
6292	Reservatório de Monte Pedro	0,20	8.500	2,50	1
6380	Reservatório de Lagoa	0,20	85.000	2,43	1
6381	Reservatório de Seixo Alvo	0,20	95.000	15,83	5
6382	Reservatório de Mozelos	0,20	3.000	0,60	1
6383	Reservatório de S. João de Ver	0,20	12.000	3,00	1
6384	Reservatório de Milheirós de Poiares	0,20	6.000	1,79	1
6385	Reservatório de S. Vicente - Louredo	0,20	5.300	2,65	1
6386	Reservatório de Escariz	0,20	3.500	17,50	5
6387	Reservatório de Arrifana	0,20	600	0,35	1
6390	Reservatório de Alto do Marquinho	0,20	35.000	5,83	2
6391	Reservatório de Souto Redondo	0,20	12.000	7,06	4
6393	Reservatório da Abelheira	0,20	5.000	2,50	1
6394	Reservatório de Provizende	0,20	3.500	8,75	4
6395	Reservatório de Ramil - Argoncilhe	0,20	28.000	5,60	2
6397	Reservatório de Vila Nova	0,20	500,00	0,15	1
6398	Reservatório de Souto Redondo (Arouca)	0,20	600,00	1,50	1
7130	ETA de Castelo de Paiva	0,20	12.000	2,40	1
7131	ETA do Ferreira	0,20	2.200	11,00	5
7180	Reservatório de Cunha	0,20	1.750	1,75	1
7190	Câmara de Carga de Visalto	0,20	3.600	12,00	5
7191	Reservatório de Castro Daire	0,20	800	1,07	1
7282	Reservatório de Quinta do Tapado	0,20	18.000	1,80	1
7291	Reservatório de Duas Igrejas	0,20	18.000	3,60	2
7330	ETA do Ferro	0,20	2.300	5,75	2
7380	Reservatório de Pombeiro de Ribavizela	0,20	2.300	3,83	2
7381	Reservatório de Sta. Eulália	0,20	-	-	-
7390	Reservatório de Felgueiras	0,20	2.300	23,00	5
7480	Reservatório de Figueiró	0,20	6.500	2,17	1
8130	ETA de Pousada-Gôve	0,20	700	2,33	1
8190	Reservatório de Amarelhe	0,20	50	0,13	1

Quadro 23 – Avaliação do parâmetro Tráfego Diário.

#### 4.5.8. Matriz de Risco dos Reservatórios da AdDP

Os valores da probabilidade de ocorrência e da severidade das consequências variam numa escala de 1 a 5. Na matriz de risco, entram os valores que constam no quadro 24, onde a probabilidade será apresentada no eixo dos yy e a severidade no eixo dos xx.

A probabilidade e a severidade foram calculadas através da soma das classificações dos diferentes parâmetros ponderados com os respetivos pesos atribuídos:

$$Probabilidade = Inspeção + estanqueidade + Última intervenção + Qualidade da água$$

$$Severidade = Capacidade + Relevância + Tráfego Diário$$

Os níveis de risco foram arbitrados, de forma a que a zona amarela divida a matriz em duas partes iguais. Contudo, foi-lhe aplicada uma inclinação que permita que os reservatórios que aparecem perto do canto inferior direito da matriz, ou seja, aqueles que são muito importantes mas que estão em bom estado de conservação, não apareçam na zona vermelha, visto estarem em boas condições de funcionamento. Por outro lado, o mesmo se aplica aos reservatórios que aparecem perto do canto superior esquerdo da matriz, para que os reservatórios de pouca importância mas em mau estado de conservação, não fiquem na zona verde.

Pela análise da matriz obtida (figura 59), é possível verificar que os reservatórios mais críticos são: reservatório de Lagoa, reservatório de Jovim, reservatório de Ramalde, reservatório de Quinta do Tapado, reservatório de Duas Igrejas, reservatório da ETA de Pousada-Gôve e reservatório da ETA de Castelo de Paiva.

Já era espectável que o reservatório de Lagoa atingisse este resultado uma vez que já era conhecido o seu estado de conservação.

No caso do reservatório de Ramalde, apesar de a necessidade de intervenção no mesmo residir apenas na reabilitação dos septos, fator a que não foi dada muita importância (apenas 15% na totalidade do reservatório) nos parâmetros de análise de risco, a sua importância no sistema justifica o seu posicionamento na matriz de risco e a necessidade de intervenção no mesmo.

Tal como o reservatório de Ramalde, o reservatório de Jovim ocupa uma posição crítica na matriz, que se deve principalmente à sua importância no sistema. Além disso, pela avaliação do seu estado de conservação, é possível perceber que também este começa a ter problemas, daí, aparecer na zona vermelha.

O reservatório de Abelheira aparece também numa posição crítica, que se deve essencialmente, às elevadas perdas que apresenta.

É possível concluir que, de facto, os reservatórios de água potável escolhidos para intervenção, alvos do próximo concurso de reabilitação, embora não tenham sido analisados recorrendo a este procedimento, estão devidamente salientados na matriz, ocupando uma posição de risco (na zona vermelha).

Os restantes reservatórios referidos merecem maior atenção no futuro, uma vez que, segundo os critérios estabelecidos para a definição da matriz de risco, estão numa posição crítica.



RESERVATÓRIO		PROBABILIDADE	SEVERIDADE
Código	Nome	Eixo yy	Eixo xx
6130	Eta de Lever - RAT	1,4	4,1
	Eta de Lever - RAF	1,0	4,7
6280	Reservatório de Jovim	3,0	4,1
6290	Reservatório de Ramalde	2,2	4,4
6291	Reservatório de Pedrouços	1,8	3,8
6292	Reservatório de Monte Pedro	2,6	2,1
6380	Reservatório de Lagoa	4,0	3,0
6381	Reservatório de Seixo Alvo	1,4	4,4
6382	Reservatório de Mozelos	1,0	1,6
6383	Reservatório de S. João de Ver	1,0	2,1
6384	Reservatório de Milheirós de Poiares	1,8	2,1
6385	Reservatório de S. Vicente - Louredo	1,8	2,1
6386	Reservatório de Escariz	1,8	3,0
6387	Reservatório de Arrifana	3,6	1,3
6390	Reservatório de Alto do Marquinho	2,0	2,7
6391	Reservatório de Souto Redondo	1,8	3,0
6393	Reservatório da Abelheira	2,8	2,1
6394	Reservatório de Provizende	2,0	2,7
6395	Reservatório de Ramil - Argoncilhe	1,0	2,7
6397	Reservatório de Vila Nova	2,0	1,3
6398	Reservatório de Souto Redondo (Arouca)	1,0	1,0
7130	ETA de Castelo de Paiva	3,2	3,2
7131	ETA do Ferreira	2,4	2,2
7180	Reservatório de Cunha	2,4	1,8
7190	Câmara de Carga de Visalto	2,2	2,2
7191	Reservatório de Castro Daire	2,2	1,0
7282	Reservatório de Quinta do Tapado	3,2	3,5
7291	Reservatório de Duas Igrejas	3,2	3,5
7330	ETA do Ferro	2,6	1,3
7380	Reservatório de Pombeiro de Ribavizela	2,4	1,3
7381	Reservatório de Sta. Eulália	2,2	0,7
7390	Reservatório de Felgueiras	2,0	2,2
7480	Reservatório de Figueiró	1,8	2,1
8130	ETA de Pousada-Gôve	3,8	2,6
8190	Reservatório de Amarelhe	3,4	1,0

Quadro 24 – Classificação dos reservatórios para avaliação na matriz de risco.

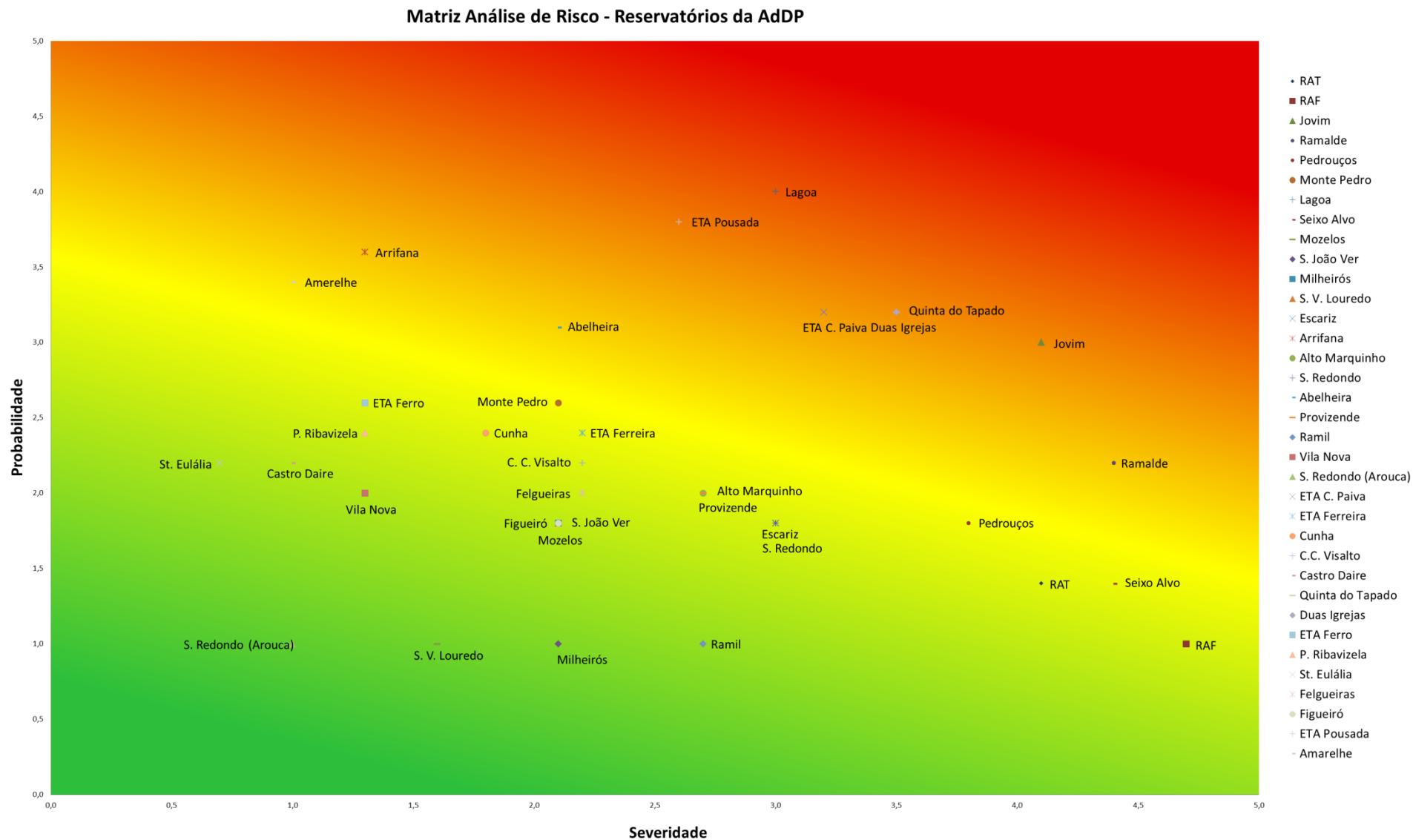


Figura 59 – Matriz de Risco dos Reservatórios da AdDP

## 5. Considerações Finais

### 5.1. Conclusões do Relatório

A AdDP é a segunda empresa do Grupo Águas de Portugal que mais população abastece no país. Como tal, possui um elevado número de reservatórios, entre muitas outras infraestruturas.

Por este motivo, é muito importante, que aposte em bons métodos de manutenção e reabilitação das suas infraestruturas, utilizando bons produtos, aplicados de forma correta, para assim, lhes fornecer boas condições de funcionalidade e durabilidade.

É a própria AdDP que, com a sua equipa devidamente formada, executa as lavagens dos seus reservatórios e participa ativamente na escolha dos produtos de reabilitação utilizados e nas empresas aplicadoras. Os produtos, antes de aplicados são sempre testados em laboratório de forma a comprovar a sua compatibilidade com as características da água. Quanto às empresas selecionadas para as obras de reabilitação, devem ser especializadas nesta área e ter experiência comprovada.

É também importante para uma empresa como a AdDP, apostar em medidas de gestão de infraestruturas que permitam determinar o estado de conservação das mesmas, ajudando a prever com alguma antecedência onde será necessário intervir num futuro próximo.

Neste contexto, a AdDP faz uma vistoria regular aos seus reservatórios, aproveitando os dias de lavagem para determinar o estado de conservação do mesmo. Contudo, é importante que exista um registo da avaliação do estado de conservação do reservatório, bem como, das intervenções realizadas nos mesmos, registando as datas, os trabalhos efetuados e os produtos utilizados.

De facto, a falta de um historial de intervenções foi notória no desenvolvimento das fichas técnicas, estando apenas registadas as informações de reservatórios reabilitados há menos de 5 anos.

A elaboração das fichas técnicas revelou-se assim um fator importante para a gestão da informação e do estado de conservação dos reservatórios da AdDP. Graças a elas, passará a existir um registo fidedigno que poderá ser consultado por qualquer pessoa da empresa.

Além disso, o desenvolvimento de uma matriz de risco permitiu esquematizar o procedimento de identificação das situações mais críticas, seja pela componente de estado de conservação (associada à probabilidade), seja pela componente de possíveis consequências para o sistema (associada à severidade). Tal permitirá à AdDP para futuro, ter um auxiliar de apoio à decisão que poderá ser de bastante utilidade na gestão do estado de conservação dos reservatórios.

Por fim, de salientar a importância deste estágio, que me proporcionou, no final do meu percurso académico, o primeiro contacto com um ambiente de trabalho, servindo ainda para consolidar o meu interesse pela profissão que escolhi para o meu futuro: a Engenharia Civil.

## **5.2. Sugestões para Trabalhos Futuros**

Existem vários trabalhos que podem ser realizados no futuro, como seguimento ao que foi abordado neste relatório. Como exemplo sugere-se:

- A realização de ensaios nos reservatórios para detetar a percentagem de perdas de água, de forma a obter-se uma matriz de análise de risco ainda mais próxima da realidade dos reservatórios da AdDP;

- Atualizar os valores de classificação do risco de cada reservatório sempre que se verifiquem alterações (por exemplo: obras de reabilitação, que melhoram o estado de conservação do reservatório e eliminam as perdas de água);
- Proceder constantemente à atualização das fichas técnicas, registrando todas as intervenções que ocorram nos reservatórios, para que toda a informação esteja disponível para ser consultada sempre que necessário;
- Realizar um estudo também sobre a reabilitação exterior de reservatórios, adicionando também este parâmetro à avaliação do estado de conservação da análise de risco e, introduzindo todas as intervenções relacionadas com o mesmo, nas fichas técnicas;
- Desenvolver fichas técnicas e matriz de análise de risco para as condutas (já previsto);
- Desenvolver fichas técnicas e matriz de análise de risco para as restantes infraestruturas: ETA's, estações de cloragem e estações elevatórias;



## 6. Referências Bibliográficas

Águas do Douro e Paiva – Manual de Acolhimento.

Águas do Douro e Paiva, ETC 0520 R06 – *Lavagem e Desinfecção de Reservatórios e Conduções*.

Águas do Douro e Paiva, ITR 0508 R03 – *Lavagem e Desinfecção de Reservatórios e Conduções*.

ALEGRE, Helena, COVAS, Dídia. *Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico. Dezembro de 2010.*

BIOZIGOTO, 2012, <http://www.biozigoto.pt/reabilitacaoreservatorios.html>, consultado no dia 5 de Fevereiro de 2014.

COSTA, António, APPLETON, Júlio. *Análise da Penetração de Cloretos em Estruturas de Betão Armado Expostas ao Ambiente Marítimo*. Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas (RPEE) N°46, Outubro de 1999.

COSTA, Ana. *Aplicação de Ferramentas de Simulação Estocástica na Área de Planeamento de uma Empresa de Abastecimento de Água*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil – Ramo Gestão da Construção, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2013.

ECORFIRMA, Apresentação Fenasan, 10 de Agosto de 2010.

EPAL (Empresa Portuguesa das Águas Livres) & Águas do Algarve. *Priorizar Investimentos Via Gestão do Risco Semi-quantitativa*. Apresentação em Lisboa, 2013.

FERREIRA, Rui Miguel. *Avaliação de Ensaio de Durabilidade do Betão*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil – Materiais e Reabilitação da Construção, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2000.

GOUVEIA, João Carlos Mateus. *Degradação do Betão por Fenómenos de Carbonatação: Consequências nas Armaduras das Edificações após anos 50 na Cidade Lisboa*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012.

GRILO, Tomás Velez. *Técnicas Reabilitação de Sistemas de Abastecimento de Água – Metodologia Conceptual e Aplicação a Casos de Estudo*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

LOPES, Ana Catarina Antunes. *Avaliação da variabilidade da técnica de ensaio pull-off na medição da resistência de aderência à tracção em revestimentos de ladrilhos cerâmicos e argamassas*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico Universidade Técnica de Lisboa, 2012.

MARQUES, José; SOUSA, Joaquim. *Hidráulica Urbana – Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. 2ª Edição. Imprensa da Universidade de Coimbra, 2009. Pp 107-136.

PEREIRA, Eurico Ascenso. *Patologias em reservatórios de água potável e sua correcção*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2010.

REDECOR, *Higienização e Manutenção de Sistemas*, 2009.



REDECOR, *Serviços de Limpeza e Desinfecção de Reservatórios do Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano*, 2011.

REDECOR, 2013 (a), <http://www.lojaredecor.com/manutencao-de-reservatorios-de-agua/>, consultado no dia 4 de Fevereiro de 2014.

REDECOR, 2013 (b), <http://www.lojaredecor.com/limpeza-desinfeccao-de-reservatorios/>, consultado no dia 25 de Fevereiro de 2014.

RGSPDADAR – *Regulamento Geral de Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*, Diário da República, Série 1-B, N.º 194/95, de 23 de Agosto, 1995.

ROCHA, Vânia dos Santos. *Determinação de carbono orgânico assimilável em amostras de água – Estudo de comparação do método de determinação da concentração de ATP com o método clássico de contagem de colónias*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

SILVA, Jaime Gabriel. *Análise de Risco Qualitativa*. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Outubro de 2012.

SOTECNISOL, *Obras Hidráulicas – Ciclo de Conferências Sotecnisol Engenharia*, 2009.

VENANCIO, Salatiel, <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Reserv01.html>, consultado no dia 13 de Fevereiro de 2014.

VERLAG DASHOFER,

<http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=12067>, consultado no dia 2 de Julho de 2014.



# ANEXOS

